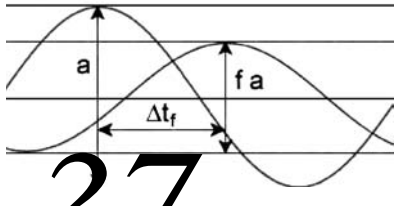
ευ"βιος = *letteralmente buona vita*

24
Primi caldi

Editoriale	3
Certificazione acustica degli edifici	5
Certificazione energetica, scale di prestazione a confronto	10
Pareti leggere in edilizia	14
Caratteristiche termiche dinamiche	22
La misura della trasmittanza in opera	27
Isolamento dai rumori da calpestio	32
Casakyoto in 10 mosse	44
Clima e petrolio. Siamo agli sgoccioli?	50
Impianti a funzionamento discontinuo	55
67 *Info*	
68 *Recensioni*	
70 *Corsi*	
72 *Shop*	

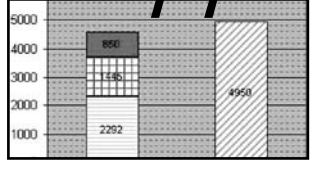
49



27

27

68



44

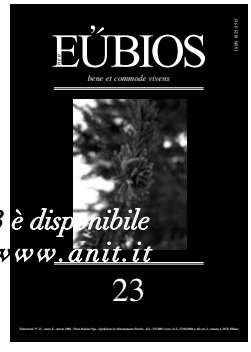
Abbonarsi

REGIMI ESTIVI

Neo-Eubios
abbonamento annuale
4 numeri **euro 24**
*
Per abbonarsi effettuare
il versamento intestandolo a
TEP srl
c/o Banca Intesa San Paolo SpA
Filiale 2115 - Via C. Battisti, 11
20122 Milano
c/c bancario n. **000013435104**
IBAN IT 48 L030 6909 4830
0001 3435 104
oppure
su c/c postale n.
38879201
con causale
abbonamento Neo-Eubios
*
Info e abbonamenti
eubios@anit.it
*
L'abbonamento è gratuito
per i Soci Anit.

Hanno collaborato

Sergio Mammi presidente ANIT **Luca Lombroso** metereologo e previsore **Gian Vincenzo Fracastoro - Matteo Serraino** Politecnico di Torino **Paolo Lazzerini** Studio Renato Lazzerini Impianti Termici Industriali **Francesco Leccese - Giuseppe Tuoni** Università di Pisa **Manuela Campanale** Università di Padova **Claudia Salani - Giorgio Galbusera - Alessandro Panzeri - Matteo Borghi - Susanna Mammi**
TEP tecnologia&progetto



Il numero 23 è disponibile on-line su www.anit.it

Stampato su carta prodotta con cellulose senza cloro-gas nel rispetto delle normative ecologiche vigenti.

EDITORIALE

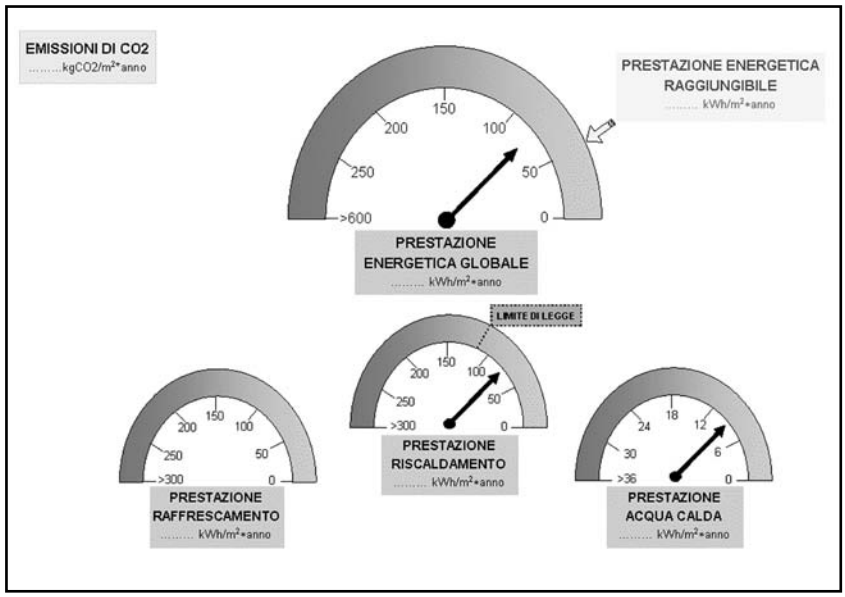
In questi mesi la progettazione edilizia è stato oggetto del più imponente cambiamento normativo dal 1991.
Molti sono gli aspetti positivi di questa che alcuni definiscono una svolta epocale. Limitandoci al campo energetico, vale la pena citare, primo fra tutti, l'incentivo fiscale che sembra uno strumento davvero efficace per spingere i proprietari di casa ad investire sui 26 milioni di alloggi inefficienti che rappresentano il nostro patrimonio immobiliare.
In secondo luogo il Dlgs 192, poi 311, che modifica e completa la legge 10/91 prescrivendo che le case dovranno essere costruite con criteri di efficienza energetica prima sconosciuti e ora anche certificate.
Non si tratta di vincoli irraggiungibili che ci allineano invece con le regole in vigore da tempo in altri paesi mediterranei. Infine è giunta anche l'eliminazione dei vincoli sulle distanze minime tra edifici che impedivano l'isolamento termico e il premio di volumetria per gli edifici efficienti.

Fin qui le buone notizie e le buone intenzioni, ma veniamo ai lati oscuri che purtroppo ci sono. Bisogna per prima cosa osservare che partiamo su questa strada virtuosa con notevole ritardo. Dal 1991 ad oggi sono stati realizzati oltre quattro milioni di alloggi inefficienti!

"Regole trasparenti, certe e univoche per un mondo più professionale".

Mediamente un alloggio in regola con la legge 10 infatti ha un fabbisogno di 140-180 kWh/m^2 anno, vale a dire in totale circa 70 GWh/anno e quindi una buona fetta del nostro debito con la comunità internazionale in base al protocollo di Kyoto: si tratta infatti di circa 12 miliardi di euro, che dovremo pagare tutti, in parte come sanzioni, in parte come acquisto di crediti di emissione, mentre i cittadini proprietari di tali alloggi hanno già pagato e continueranno a pagare in futuro per i maggiori consumi, nell'ipotesi per altro non sempre verificata, che la legge sia stata rispettata.
A ben guardare dovrebbe invece pagare chi ha causato tale situazione. In particolare chi non ha attuato nei 180 giorni previsti, e cioè entro giugno 1991, quanto richiesto dalla legge 10, che pure era una buona legge, semplice e allo stesso tempo moderna. Avremmo potuto risparmiare circa il 50% di tale importo.
All'epoca c'erano idee confuse sul problema e anche ai massimi livelli. L'impreparazione e la superficialità dei nostri funzionari è nota, ma sentite questa dichiarazione resa ad Adnkronos dal direttore delle fonti di energia del Ministero dell'Industria, nel novembre 1992, all'indomani della promulgazione della legge 10: " La certificazione degli edifici rischia solo di complicare la vita ai notai; alla gente e agli uffici comunali che sono già intasati…E poi è assurdo perdere il tempo sull'edilizia "vecchia", col solo risultato di arricchire gli studi professionali: per cui non mi darò certo da fare per accelerare l'attuazione di questa parte della legge". Fu di parola e infatti la Legge 10 non fu mai attuata e nemmeno la certificazione, né fu messo in cantiere alcun provvedimento per riqualificare il parco edilizio esistente. Un esempio comunque seguito anche da altri, direttori e funzionari di diversa levatura culturale, ma tutti affratellati dalla volontà di non dare seguito ai decreti di attuazione della legge o comunque di renderla innocua, inefficace, semplicemente formale e non sostanziale.
Ci dovrebbe sorprendere poi che siano proprio dei funzionari dello stato a non applicare e dichiarandolo, una legge.
Provate a farlo voi, semplici cittadini!

Anche il mondo universitario la pensava così. Un noto professore di energetica , ebbe a dichiarare in una intervista alla RAI nella trasmissione "Ambiente Italia" che "negli edifici esistenti, poco si può fare".
Oggi sappiamo che non è così, ma professore, un poco di lungimiranza e due conti Le avrebbero evitato una così poco nobile figura!
Oggi le cose sono cambiate, ma le stesse lobby di allora possono ancora influenzare le scelte che tutti noi invece vorremmo fossero esclusivamente orientate all'interesse del Paese e non di quello di qualche gruppo.
Un altro professore ha perfino il coraggio di scrivere su autorevoli quotidiani che è meglio sprecare energia e che l'isolamento termico è una cosa stupida.
Un altro esempio è la prescrizione relativa al contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione estiva. Viene richiesta una massa minima per le pareti e i tetti. A parte il fatto che ciò renderà più difficile la realizzazione di tetti in legno o l'applicazione di qualunque altra nuova tecnologia, è evidente che la massa è inutile se non si considera ad esempio la sua consistenza rispetto alle superfici vetrate, che sono le principali cause del surriscaldamento estivo degli ambienti, se non convenientemente trattate.
Così, con le nuove norme, si può realizzare un edificio interamente di vetro, ma il tetto dovrà essere da 230 kg/m^2 e sappiamo che questo è del tutto ininfluente ai fini del comportamento estivo dell'edificio.
Non sfugge, anzi è esplicitamente dichiarato sulla Gazzetta Ufficiale, che questo è stato fatto per "L'importanza per il prodotto interno lordo italiano della filiera edile e le tipicità economiche, architettoniche ed ambientali del modello costruttivo italiano ed in particolare dei metodi di costruzione, dei materiali e delle professionalità che lo caratterizzano". In sostanza non per l'interesse del paese e dei cittadini fruitori degli immobili.
Ma ad inquinare ulteriormente il quadro di riferimento vi sono altri problemi come ad esempio la clausola di cedevolezza che potrebbe consentire ad ogni regione di stabilire regole autonome per il risparmio energetico e per la certificazione: gli esempi sono purtroppo già in vigore. Questo non aiuterà né le libertà professionali e neppure la certezza e l'univocità delle norme tecniche, favorendo anzi il contenzioso ed il localismo. Varrebbe invece la pena di porre mano alla correlazione con altre norme, come quelle d'igiene o sull'acustica e sfrondare l'affollamento di regole, talvolta in contrasto tra loro e che sarebbe urgente adeguare.
Infine la burocratizzazione del processo perde di vista gli obiettivi delle leggi. Pensiamo ad esempio al fatto che la certificazione può essere resa senza neppure vedere l'immobile che viene certificato.
E' infine inutile richiedere la redazione di complesse relazioni tecniche e di procedure che nessuno può controllare e i cui risultati possono essere manipolati per mezzo di software. Bisognerebbe invece agire sulla professionalità degli operatori e richiedere un progetto sostanziale che assicuri l'efficienza e la sostenibilità (senza equivoci) degli edifici.



A lato: modalità a cruscotto. Perchè cambiare il modo di esprimere le classi di efficienza?

CERTIFICAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI

Risultati di una ricerca presso gli operatori del settore edilizio

di

Sergio Mammi, Matteo Borghi

** L'articolo che segue è stato pubblicato anche negli atti del 35° ConvegnoNazionale dell'Associazione Italiana di Acustica (Milano 11-13 giugno 2008).*

Introduzione

La recente attivazione nel nostro Paese del processo di certificazione energetica degli edifici ha posto le basi per ipotizzare, in un non lontano futuro, l'avviamento di una procedura per la certificazione acustica degli stessi, data la stretta correlazione tra i due requisiti e la crescente domanda di comfort nelle abitazioni.

L'articolo che segue espone i risultati di una ricerca, effettuata da ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico presso gli operatori del settore edilizio, in merito a come si pensa debba essere realizzata tale procedura. Lo studio può essere considerato come un primo documento da sottoporre all'attenzione di chi svilupperà norme tecniche o documenti legislativi sull'argomento.

Il questionario

Nei mesi di marzo e aprile 2008 è stato attivato sul sito **www.anit.it** un questionario contenente una serie domande inerenti il processo di certificazione acustica degli edifici. Il questionario è stato sottoposto all'attenzione dei soci ANIT e dei tecnici operanti nel settore dell'acustica, sollecitati a partecipare attraverso opportune comunicazioni. Le domande sono state scelte in modo da investigare in particolare quali potranno essere le possibili analogie, e quali le necessarie differenze, tra certificazione acustica e certificazione energetica degli edifici.

Le domande sono state suddivise su 4 differenti argomenti:

- Progettazione acustica, calcoli previsionali;
- Esecuzione dei lavori;
- Classificazione acustica dell'edificio;
- La figura del certificatore acustico;

I quesiti erano a risposta chiusa. Ognuno presentava comunque un campo "Note" all'interno del quale l'intervistato poteva eventualmente indicare ulteriori precisazioni.

Per dare la maggior significatività possibile alla ricerca è stato richiesto agli intervistati di scegliere le risposte in base alla propria opinione sull'argomento, svincolandosi da eventuali disposizioni legislative o pareri ufficiali già esistenti.

Al questionario hanno risposto in totale 121 persone così suddivise:

- 87,6 %: progettisti (edili, termici, acustici, ecc.);
- 5,8 %: dipendenti di ditte produttrici di materiali o sistemi per l'isolamento;
- 3,3 %: tecnici di cantiere;
- 1,7 %: dipendenti di enti pubblici;
- 1,7 %: altro;

Il campione così individuato non può essere considerato rappresentativo del mercato, tuttavia rappresenta un primo passo per attivare una ricerca più approfondita che auspichiamo di realizzare in tempi più lunghi. Purtroppo, come si vedrà, la composizione del campione, molto sbilanciata verso una sola categoria sensibile a queste tematiche, porta a risultati del questionario anch'essi poco rappresentativi in generale, ma tuttavia non inutili se riferiti a questa specifica categoria.

Domande e risposte

Di seguito riportiamo l'elenco delle domande con le risposte in valore percentuale e, subito dopo, alcuni brevi commenti sviluppati dall'Associazione.

Progettazione acustica, Calcoli previsionali

1.1 Il processo di certificazione energetica prevede di presentare in Comune, alla richiesta del permesso di costruire, una relazione di calcolo previsionale che indichi il rispetto dei limiti di legge per l'edificio che verrà costruito. Per il processo di certificazione acustica sarà necessario o opportuno presentare una relazione di calcolo previsionale prima dell'inizio dei lavori?

Sì **97,5 %**
No **2,5 %**
TOT n° risposte: 121

Queste risposte evidenziano la quasi unanime disposizione a considerare di fondamentale importanza il progetto acustico. Tale progetto consentirà di ottenere maggiori informazioni per la scelta di materiali e sistemi costruttivi.

1.2 La relazione di calcolo previsionale dovrà essere realizzata basandosi su

- Metodi di calcolo riportati nelle norme tecniche di più recente approvazione: **74,8 %**
- Metodi di calcolo riportati nel documento legislativo: **25,2 %**

TOT n° risposte: 119

Non vi è unanimità nelle risposte. Una buona percentuale preferirebbe l'adozione di metodi cogenti. Si evidenzia che, se si considera la procedura di certificazione energetica attiva in Lombardia, il metodo di calcolo, basato su indicazioni riportate nelle norme tecniche, è definito da un apposito documento Regionale (DGR 15833 del 13-12-2007).

1.3 Il software per il calcolo previsionale dei requisiti acustici passivi e l'eventuale verifica a fine lavori dovrà essere realizzato, fornito e validato dal Ministero?

Sì **47,1 %**
No **52,9 %**
TOT n° risposte: 119

Le risposte si dividono a metà. La possibilità di adottare solo software realizzato, validato e distribuito dall'Ente Pubblico avrebbe il pregio di eliminare eventuali discrepanze di risultati tra i programmi, ma elimina in sostanza la possibilità di immettere sul mercato software sviluppati da privati.

Una possibile soluzione potrebbe consistere nell'immettere sul mercato software prodotti da privati ma "validati" dall'Ente Pubblico.

1.4 Prestazioni dei materiali – È opportuno che il documento di legge fornisca delle indicazioni in merito a come debbano essere certificate dai produttori le prestazioni dei materiali?

Sì **91,7 %**
No **8,3 %**
TOT n° risposte: 120

Risulta chiaro che gli intervistati ritengono opportuna una maggiore chiarezza in merito alle prestazioni pubblicizzate nei depliant dei produttori di materiali. La procedura di certificazione acustica dovrà necessariamente considerare anche questo aspetto.

Esecuzione dei lavori

2.1 Nel processo di certificazione energetica il Direttore Lavori assevera, al termine della costruzione, che i lavori sono stati eseguiti adottando materiali e sistemi costruttivi indicati nella relazione previsionale di calcolo. Non è obbligatorio un controllo in cantiere da parte di un certificatore energetico.

Per la certificazione acustica è necessario o opportuno prevedere che la DL venga affiancata da un Direttore Lavori per le opere di acustica edilizia?

Sì **66,4 %**
No **33,6 %**
TOT n° risposte: 119

La maggioranza degli intervistati auspica la presenza in cantiere di un responsabile tecnico per il controllo della corretta posa di materiali e sistemi isolanti. La ragione è da ricercarsi presumibilmente nell'elevato numero di "insuccessi acustici" riscontrati presso i cantieri edili del nostro Paese.

2.2 È opportuno prevedere obbligatoriamente momenti di formazione per le maestranze coinvolte in cantiere?

Sì **83,9 %**
No **16,1 %**
n° risposte: 118

Valgono in sostanza le medesime considerazioni della risposta precedente. È necessario migliorare la corretta posa di materiali e sistemi. Il processo di certificazione acustica dovrà necessariamente considerare questo aspetto.

2.3 È opportuno prevedere che il Direttore Lavori asseveri a fine lavori la corretta esecuzione delle opere?

Sì **88,2 %**
No **11,8 %**
TOT n° risposte: 119

Anche in questo caso dalle risposte emerge che si ritiene opportuno un maggiore controllo in cantiere sulla corretta posa in opera di materiali e sistemi costruttivi. Si auspica una maggiore presenza in cantiere della Direzione Lavori.

2.4 È opportuno prevedere che vengano svolte misurazioni fonometriche in corso d'opera?

Sì **50,9 %**
No **49,1 %**
TOT n° risposte: 116

Le risposte si dividono a metà. Analizzando i contenuti delle "Note" alla domanda si ricava che le prove in corso d'opera sono ritenute utili per dare una indicazione di massima sull'andamento dei lavori e correggere eventuali errori grossolani, ma non sono ovviamente significative per il risultato finale. A questo si aggiunge l'oggettiva difficoltà a realizzare tali prove. È pertanto possibile ipo-

tizzare che il futuro processo di certificazione acustica possa considerare l'opportunità (e non l'obbligatorietà) di eseguire misure in corso d'opera.

Classificazione acustica dell'edificio

3.1 Nel processo di certificazione energetica la determinazione della classe dell'edificio (A, B, C, ecc.) avviene, al termine dei lavori, mediante una relazione di calcolo. La classificazione acustica dovrà essere realizzata:

- Mediante relazione di calcolo: **25,2 %**
- Mediante collaudo strumentale in opera: **74,8 %**

TOT n° risposte: 115

La principale differenza tra certificazione energetica e certificazione acustica risiede nel fatto che quest'ultima può avvalersi di risultati di prove in opera. Molto più complicato è invece eseguire collaudi strumentali che attestino la classe energetica di un edificio connessa ad un uso standard dell'immobile.

Dalle risposte si evidenzia che, anche se la maggioranza degli intervistati ritiene opportuno eseguire misure in opera, una parte significativa ipotizza la certificazione acustica mediante la sola relazione di calcolo. Si evidenzia però che la sola relazione non può garantire l'effettivo raggiungimento delle prestazioni in opera. Un futuro successivo collaudo potrebbe smentire i risultati del calcolo. Rimane comunque la difficoltà di definire il numero adeguato e statisticamente significativo di misure in opera da realizzare.

3.2 In caso di collaudi strumentali, è opportuno prevedere controlli periodici sull'attrezzatura per eseguire i collaudi in opera?

Sì **94,9 %**
No **5,1 %**
TOT n° risposte: 117

La quasi totalità degli intervistati considera necessario prevedere controlli sull'attrezzatura, così come già previsto dalla legislazione vigente.

3.3 In caso di collaudi strumentali, il collaudo dovrà essere realizzato basandosi su:

- Metodi di misura riportati nelle norme tecniche di più recente approvazione: **68,9 %**
- Metodi di misura riportati nel documento legislativo: **31,1 %**

TOT n° risposte: 119

Non vi è unanimità nelle risposte. Il documento legislativo potrebbe richiamare specifiche norme tecniche per renderle cogenti.

3.4 Il software per la determinazione della classe acustica dovrà essere realizzato, fornito e validato dal Ministero?

Sì **55,6 %**
No **44,4 %**
TOT n° risposte: 117

Valgono in sostanza le medesime considerazioni della risposta 1.3

3.5 In caso di collaudi strumentali, il software per l'analisi dei dati acquisiti da misure fonometriche dovrà essere realizzato, fornito e validato dal Ministero?

Sì **43,2 %**
No **56,8 %**
TOT n° risposte: 118

Valgono in sostanza le medesime considerazioni della risposta 1.3

3.6 Nel processo di certificazione energetica le classi sono definite in base alla zona climatica dove verrà realizzato l'edificio. Il medesimo edificio costruito in zona climatica D o in zona climatica F potrà essere caratterizzato da classi differenti. Per la certificazione acustica può essere sensato differenziare le classi in base al clima acustico esterno all'edificio?

Sì **74,4 %**
No **25,6 %**
TOT n° risposte: 117

La maggioranza degli intervistati ritiene opportuno differenziare le classi in funzione del clima acustico esterno. Sarà sensato ipotizzare possibili connessioni tra clima acustico dell'area e valore minimo di isolamento acustico di facciata.

3.7 Nel processo di certificazione energetica la classe è definita in base al valore di un unico indicatore (Ad es. E_{pi}). In acustica esistono invece differenti indicatori per i diversi "tipi di rumore" (calpestio, rumori dagli ambienti vicini, rumori degli impianti, ecc.). Per il processo di certificazione acustica è opportuno:

- Indicare nel certificato differenti classi in base al "tipo di rumore": **53 %**
- Definire un'unica classe raggruppando le prestazioni dei differenti indicatori: **47 %**

TOT n° risposte: 115

Anche in questo caso le risposte si dividono a metà. Non è chiaro se è preferibile adottare un unico indicatore, più semplice per l'utente finale, o se è meglio fornire indicazioni più dettagliate differenziando gli indicatori in funzione del tipo di rumore.

Una possibile soluzione potrebbe consistere nel realizzare certificati che evidenzino in particolare la classe unica, ma riportino anche le prestazioni per le singole tipologie di rumore.

3.8 In Lombardia la Società Punti Energia – CESTEC ha il compito di eseguire controlli a campione sulle certificazioni energetiche depositate. È opportuno prevedere anche per le certificazioni acustiche che un ente "indipendente" esegua dei controlli a campione?

Sì **79 %**
No **21 %**
TOT n° risposte: 119

Le risposte evidenziano che la maggioranza degli intervistati ritiene opportuno controlli da parte di un ente esterno indipendente. Tale indicazione è ritenuta opportuna per evitare possibili dichiarazioni non corrette realizzate da soggetti non completamente "terzi" rispetto al costruttore.

3.9 In Lombardia i certificati energetici depositati vanno a costituire il "Catasto energetico" degli edifici. È opportuno prevedere anche per le certificazioni acustiche la realizzazione di un "Catasto acustico"?

Sì **62,1 %**
No **37,9 %**
TOT n° risposte: 116

Non è ritenuta di particolare importanza la realizzazione di un catasto acustico. analizzando i contenuti delle "Note" si ricavano pareri contrastanti sull'argomento.

3.10 È opportuno che nel processo di certificazione acustica vengano definite le parcelle dei professionisti e i costi della certificazione?

Sì **72,3 %**
No **27,7 %**
TOT n° risposte: 119

La maggioranza preferirebbe la definizione delle parcelle, quantomeno come tariffe minime da applicare.

3.11 Se venisse realizzata la certificazione acustica di un edificio il costruttore può di fatto ritenersi al riparo da future possibili contestazioni?

Sì **41,9 %**
No **58,1 %**
TOT n° risposte: 117

Le risposte si dividono in sostanza a metà. Parte degli intervistati ritiene che la certificazione, basandosi su risultati di prove condotte solo su alcune partizioni, non potrà essere significativa per l'intero edificio se sono stati commessi errori di posa in opera. Una seconda parte ritiene invece che la procedura, agendo in maniera significativa sull'intero processo costruttivo, determinerà un complessivo miglioramento delle prestazioni in opera e quindi maggiori garanzie anche per i costruttori.

La figura del certificatore acustico

4.1 Il tecnico che realizzerà la relazione di calcolo previsionale dovrà essere "indipendente" rispetto a progettista, costruttore, fornitore di materiali?

Sì **34,1 %**
No **63,9 %**
TOT n° risposte: 119

4.2 Il tecnico che seguirà la posa in opera in cantiere dovrà essere "indipendente" rispetto a progettista, costruttore, fornitore di materiali?

Sì **23,5 %**
No **76,5 %**
TOT n° risposte: 119

4.3 Il tecnico che realizzerà la classificazione acustica dovrà essere "indipendente" rispetto a progettista edile, progettista acustico, costruttore, fornitore di materiali?

Sì **63,5 %**
No **36,5 %**
TOT n° risposte: 115

Le risposte da 4.1 a 4.3 evidenziano in sostanza che viene richiesta particolare indipendenza tra progettista/costruttore e tecnico acustico solo per la classificazione finale. Le risposte rispecchiano quanto già indicato da alcuni regolamenti per la certificazione energetica degli edifici.

4.4 È opportuno prevedere che i tecnici che eseguono calcoli previsionali e classificazione acustica dimostrino le proprie competenze nel settore?

Sì **97,5 %**
No **2,5 %**
TOT n° risposte: 121

Se sì, come? (risposta multipla)

- Iscrizione ad ordine, albo, collegio ecc. da "x" anni: **40/121**
- Iscrizione a elenco Tecnici competenti in acustica ambientale: **81/121**
- Titolo di studio: Laurea, diploma, ecc: **48/121**
- Partecipazione a corsi di specializzazione di acustica edilizia: **79/121**
- Aver sostenuto con esito positivo esami di acustica edilizia: **64/121**

I tecnici che si occuperanno di certificazione acustica dovranno necessariamente dimostrare la propria competenza nel settore. Analizzando i contenuti delle "Note" si osserva che molti intervistati ritengono non esaustiva la sola iscrizione all'elenco dei Tecnici competenti in acustica ambientale. Dovrà essere dimostrata anche la competenza su temi di acustica edilizia.

Considerazioni conclusive

È di particolare interesse notare come, in alcuni casi, gli intervistati abbiano fornito in sostanza tutti la medesima rispo-

sta. In altri le risposte si sono divise esattamente a metà. Di seguito qualche esempio.

Quasi tutti i partecipanti al questionario ritengono di prioritaria importanza:

- prevedere la realizzazione di calcoli acustici previsionali prima dell'inizio dei lavori.

- prevedere che un futuro documento di legge indichi ai produttori di materiali e sistemi quali caratteristiche debbano essere certificate

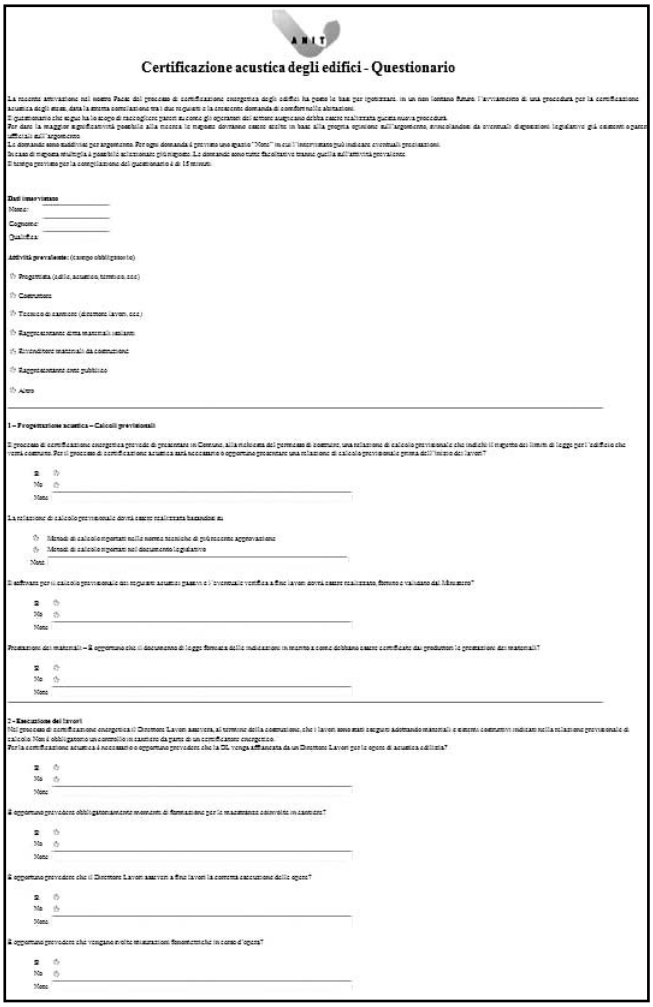
- prevedere che i tecnici acustici che operano in edilizia dimostrino le proprie competenze nel settore.

Le risposte si dividono invece a metà se si considerano le domande sull'utilizzo di software di calcolo e sul tema degli indicatori da utilizzare per definire la "classe acustica dell'edificio". Sarà quindi opportuno meglio approfondire questi argomenti al momento di emanare un documento sulla certificazione acustica degli edifici.

Infine, volendo fornire una possibile indicazione su come dovrà essere sviluppato il processo di certificazione acustica, si evidenzia che, come già riportato e come è noto, le carenze acustiche di un edificio sono chiaramente e immediatamente percepibili dall'utenza.

Questo non è altrettanto vero nel caso della certificazione energetica dove l'appartenenza ad una classe o ad un'altra comporta valutazioni complesse ed i risultati sono affetti da incertezza in quanto dipendenti in modo prevalente dal clima e dal comportamento dell'utenza.

Questa considerazione ci porta ad auspicare che il processo di certificazione acustica venga realizzato in maniera sostanziale e non solo formale. Sarà di fondamentale importanza affiancare alle relazioni di calcolo anche controlli sulla corretta posa di materiali isolanti e sistemi costruttivi e l'esecuzione di prove fonometriche in opera.



ANIT

Certificazione acustica degli edifici - Questionario

La recente attivazione nel nostro Paese del processo di certificazione energetica degli edifici ha posto le basi per ipotizzare, in un non lontano futuro, l'avviamento di una procedura per la certificazione acustica degli stessi, data la stretta correlazione tra i due requisiti e la crescente domanda di comfort nelle abitazioni.
Il questionario che segue ha lo scopo di raccogliere pareri su come gli operatori del settore auspicano debba essere realizzata questa nuova procedura.
Per dare la maggior significatività possibile alla nostra lo rispetto dovranno essere scelte in base alla propria opinione sull'argomento, prescindendo da eventuali disposizioni legislative già esistenti o prossime ufficiali sull'argomento.
Le domande sono suddivise per argomento. Per ogni domanda è previsto uno spazio "Note" in cui l'intervistato può indicare eventuali precisazioni.
In caso di risposta multipla è possibile selezionarlo più risposte. Le domande sono tutte facoltative tranne quella sull'attività prevalente.
Il tempo previsto per la compilazione del questionario è di 15 minuti.

Dati intervistato
Nome: _____
Cognome: _____
Qualifica: _____

Attività prevalente: (campo obbligatorio)

- ☐ Progettista (edile, acustico, termico, ecc)
- ☐ Costruttore
- ☐ Tecnico di cantiere (direttore lavori, ecc)
- ☐ Rappresentante di materiali isolanti
- ☐ Rivenditore materiali da costruzione
- ☐ Rappresentante enti pubblici
- ☐ Altro _____

1 – Progettazione acustica – Calcoli previsionali

Il processo di certificazione energetica prevede di presentare in Comune, all'inoltro del permesso di costruire, una relazione di calcolo previsionale che indichi il rispetto dei limiti di legge per l'edificio che verrà costruito. Per il processo di certificazione acustica sarà necessario o opportuno presentare una relazione di calcolo previsionale prima dell'inizio dei lavori?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

La relazione di calcolo previsionale dovrà essere realizzata basandosi su

- ☐ Metodi di calcolo riportati nelle norme tecniche di prossima approvazione
- ☐ Metodi di calcolo riportati nel documento legislativo _____

Note: _____

Il software per il calcolo previsionale dei requisiti acustici passivi e l'eventuale verifica a fine lavori dovrà essere realizzato, fornito e validato dal Ministero?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

Prestazioni dei materiali – È opportuno che il documento di legge fornisca delle indicazioni in merito a come debbano essere certificate dai produttori le prestazioni dei materiali?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

2 – Esecuzione dei lavori

Nel processo di certificazione energetica il Direttore Lavori assevera, al termine della costruzione, che i lavori sono stati eseguiti adottando materiali e sistemi costruttivi indicati nella relazione previsionale di calcolo. Non è obbligatorio un controllo in cantiere da parte di un certificatore energetico.
Per la certificazione acustica è necessario o opportuno prevedere che la DL venga affiancata da un Direttore Lavori per le opere di acustica edilizia?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

È opportuno prevedere obbligatoriamente momenti di fonometria per la trasmissione aerea in cantiere?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

È opportuno prevedere che il Direttore Lavori asseveri a fine lavori la corretta esecuzione delle opere?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

È opportuno prevedere che vengano svolte misurazioni fonometriche in corso d'opera?

- Sì ☐
- No ☐ _____
- Note: _____

A lato.
Form di compilazione del questionario sulla Certificazione acustica promosso e realizzato da ANIT.

SCALE DI PRESTAZIONE ENERGETICA
Confronti

di
Gian Vincenzo Fracastoro, Matteo Serraino

L'INDICATORE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

Con la DGR 5018 VIII del 26 Giugno 2007 e s.m.i., la Regione Lombardia ha scelto come indicatore, che individua la classe di prestazione energetica, l'energia primaria per la climatizzazione invernale (espressa in kWh) riferita all'unità di superficie di pavimento (per gli edifici residenziali) o di volume (per tutti gli altri edifici).
La scelta di attribuire la classe energetica al solo riscaldamento è giustificata dal fatto che:
1. si tratta dell'uso finale di energia più rilevante all'interno degli edifici residenziali siti in Lombardia, come si vedrà più avanti nel dettaglio;
2. esiste una normativa di calcolo da tempo ampiamente utilizzata per la stima di questo fabbisogno, che invece per altri usi finali dell'energia non è presente;
3. è l'unico uso finale che oggi ha dei vincoli di legge (fattore essenziale, come si noterà nel seguito, per definire i valori di confine tra una classe e l'altra del sistema di certificazione);
4. l'analisi non si limita a prendere in considerazione solo l'aspetto relativo all'involucro (come previsto da altri standard di certificazione), ma viene estesa anche all'impianto termico, con una visione quindi più completa.

LA SCALA DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

Premesso che la prestazione energetica relativa alla climatizzazione invernale di un edificio è influenzata da parametri come:
1. le condizioni climatiche (come i gradi-giorno),
2. le caratteristiche geometriche dell'edificio (come il rapporto S/V),
3. la destinazione d'uso (che determina il numero di ricambi di ventilazione e gli apporti interni di calore), il legislatore può decidere se far dipendere (in tutto o in parte) la classe di prestazione da queste variabili.
La procedura di certificazione della Regione Lombardia prevede una differenziazione della scala di prestazione energetica:
1. sulla base della destinazione d'uso (tra edifici residenziali e non, così come avviene per i requisiti minimi di legge ed ottenendo quindi un indicatore espresso in kWh/m^2 o kWh/m^3),
2. sulla base della zona climatica.
La classificazione è unica per qualunque valore del rapporto S/V. Conseguentemente gli edifici di piccola dimensione (monofamiliari con alto rapporto S/V) dovranno essere caratterizzati, ad esempio, da livelli di isolamento maggiori rispetto a quelli previsti per edifici di grandi dimensioni e compatti, al fine di ottenere la stessa classe energetica di questi ultimi.

La neutralizzazione della variabile climatica

L'indicatore della prestazione energetica viene confrontato su una scala in cui i valori di confine tra una classe e l'altra sono diversi in funzione della zona climatica. Sono state quindi predisposte tre scale di classificazione: una per la zona E (tra 2101 e 3000 GG), mentre la zona F viene suddivisa in F1 (tra 3001 e 3900 GG) e F2 (tra 3901 e 4800 GG). In questo modo viene in parte "neutralizzata" la variabile climatica, forse con la volontà di consentire anche agli edifici siti in località più fredde di poter aspirare ad una classe caratterizzata da elevata efficienza energetica (Tabelle 1 e 2).
Un'altra modalità, utilizzata da altri standard di certificazione, per neutralizzare la variabile climatica, consiste nel calcolare i fabbisogni con un unico clima di riferimento sulla base del quale classificare l'edificio, avendo comunque cura di riportare anche il valore con i dati climatici della località reale.
Bisogna tuttavia osservare come il 97,9 % della popolazione lombarda risieda in zona E; l' 1,9 % sia in zona F1 e solo lo 0,2 % sia in zona F2 (Figura 1). Questo avrebbe potuto far propendere per la redazione di un'unica classificazione in cui i valori limite tra una classe e l'altra fossero stati

Classe	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$EP_H < 14$	$EP_H < 20$	$EP_H < 15$
A	$14 \le EP_H < 29$	$20 \le EP_H < 39$	$25 \le EP_H < 49$
B	$29 \le EP_H < 58$	$39 \le EP_H < 78$	$49 \le EP_H < 98$
C	$58 \le EP_H < 87$	$78 \le EP_H < 118$	$98 \le EP_H < 148$
D	$87 \le EP_H < 116$	$118 \le EP_H < 157$	$148 \le EP_H < 198$
E	$116 \le EP_H < 145$	$157 \le EP_H < 197$	$198 \le EP_H < 248$
F	$145 \le EP_H < 175$	$197 \le EP_H < 236$	$248 \le EP_H < 298$
G	$EP_H \ge 175$	$EP_H \ge 236$	$EP_H \ge 298$

Tabella 1 Valori limite delle classi energetiche espressi in kWh/m^2 di superficie utile di pavimento riscaldato dell'edificio per anno per gli edifici della classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme.

Classe	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$EP_H < 3$	$EP_H < 4$	$EP_H < 5$
A	$3 \le EP_H < 6$	$4 \le EP_H < 7$	$5 \le EP_H < 9$
B	$6 \le EP_H < 11$	$7 \le EP_H < 15$	$9 \le EP_H < 19$
C	$11 \le EP_H < 27$	$15 \le EP_H < 37$	$19 \le EP_H < 46$
D	$27 \le EP_H < 43$	$37 \le EP_H < 58$	$46 \le EP_H < 74$
E	$43 \le EP_H < 54$	$58 \le EP_H < 73$	$74 \le EP_H < 92$
F	$54 \le EP_H < 65$	$73 \le EP_H < 87$	$92 \le EP_H < 110$
G	$EP_H \ge 65$	$EP_H \ge 87$	$EP_H \ge 110$

Tabella 2 Valori limite delle classi energetiche espressi in kWh/m^3 di volume lordo riscaldato dell'edificio per anno per tutti gli altri edifici.

Zona climatica	Gradi-giorno medi pesati sulla popolazione	Percentuale di popolazione all'interno di una zona climatica	Indicatore del consumo medio del parco edilizio (a partire da dati nazionali)	Indicatore del consumo medio del parco edilizio (a partire da dati regionali)	Valore limite tra la classe D e la classe E
	GG	%	kWh/(m^2_anno)	kWh/(m^2_anno)	kWh/(m^2_anno)
Zona E	2488	97.9	141	174	116
Zona F1	3293	1.9	186	230	157
Zona F2	4198	0.2	237	293	198
Lombardia	2506	100	142	175	-

Tabella 4 Determinazione dell'indicatore del fabbisogno di energia primaria per riscaldamento medio del parco edilizio della Regione Lombardia, con ripartizione tra le diverse zone climatiche.

stabiliti, ad esempio, sulla base di un clima medio regionale, identificato dal valore dei gradi-giorno, medi pesati sul numero di abitanti dei diversi comuni, che in Lombardia si attesta su 2506 GG.

La definizione dei valori limite tra le classi

Non è stato comunicato dalla Regione Lombardia quale sia stato il criterio che ha portato alla definizione dei valori limite tra le diverse scale della classe di prestazione. Quello che si può vedere dalla classificazione degli edifici residenziali è che l'ampiezza delle classi (con l'esclusione della A e della A+) è praticamente costante, all'interno di una data zona climatica. Tale costanza non si ritrova nella classificazione degli edifici diversi dal residenziale.

Non esiste neppure un uguale rapporto tra i limiti delle classi degli edifici residenziali e non, che dovrebbe corrispondere in qualche modo all'altezza di piano. Il principio dell'equispaziatura delle classi non è del tutto condivisibile: se si considera che il costo necessario per il miglioramento delle prestazioni energetiche di un edificio cresce più che linearmente al diminuire del fabbisogno di energia (**Figura 2**), sarebbe

$EP < 0{,}5\ R_r$
$0{,}5\ R_r\ EP < R_r$
$R_r < EP < 0{,}5\ (R_r+R_s)$
$0{,}5\ (R_r+R_s) < EP < R_s$
$R_s < EP < 1{,}25\ R_s$
$1{,}25\ R_s < EP < 1{,}5\ R_s$
$EP > 1{,}5\ R_s$

Tabella 3 Valori limite delle classi energetiche proposto dalla PrEN 15217.

stato infatti più corretto avere intervalli sempre più ampi via via che gli edifici diventano meno efficienti.

I VALORI DI CONFINE TRA LE DIVERSE CLASSI DEL SISTEMA DI CERTIFICAZIONE

Un utile strumento a servizio del legislatore per la determinazione del valor limite tra le diverse classi energetiche è costituito dal progetto di norma europea prEn 15217 che stabilisce:

1. che il limite tra la classe B e la C corrisponda al valore limite di legge (R_r);
2. che il confine tra la classe D e la E sia costituito dal valor medio di consumo del parco edilizio esistente (R_s).

Il limite tra le altre classi viene riportato in **Tabella 3**.

Il confine tra la classe B e la C: il valore limite di legge

Il primo problema della procedura suggerita dalla norma europea consiste nel fatto che il limite di legge, tanto a livello nazionale quanto in Lombardia, è variabile con i gradi-giorno e con il rapporto S/V. Non può essere definito quindi un valore numerico unico.

Ammettendo di voler mantenere l'impostazione della classificazione Lombarda (ripartizione delle classi in funzione della

zona climatica) una proposta potrebbe essere quella di ricavare il valore limite di legge:

1. per il valor medio, pesato sulla popolazione, dei gradi-giorno.
2. per il valore di S/V più ricorrente sul territorio regionale.

Se il valor medio dei gradi-giorno è un dato facilmente ricavabile (ed è riportato in **Tabella 4**), mancano i riferimenti per poter determinare agevolmente il valore medio del parco edilizio del rapporto S/V. La distribuzione statistica del rapporto S/V si potrà sapere solo tra alcuni anni, a seguito della formazione del catasto energetico degli edifici in Lombardia. In luogo del valore S/V più ricorrente il legislatore potrebbe decidere di stabilire che sia il valore più basso (cioè 0,2) così da avere una valore di confine tra la classe B e la C inferiore, in modo tale da spingere verso una maggiore efficienza dei fabbricati, soprattutto di nuova costruzione, raggiungendo indicatori di prestazione energetica inferiori ai limiti di legge. Per ora si può solo constatare che, con un valore di gradi-giorno della zona E medio pari a 2488, si ritrova un valore di 58 kWh/m^2, (confine tra la classe B e la classe C) valido per un rapporto S/V pari a 0,4. Per gli edifici non residenziali il rapporto S/V scenderebbe a solo 0,2 per poter ottenere il valore di 11 kWh/m^3, riportato nella scala di prestazione energetica relativa. Se si applicasse questa metodologia anche agli edifici in zona climatica F, poiché il valore limite di legge non varia più con i gradi giorno, la prima conseguenza sarebbe l'assenza delle due sotto-zone (F1 ed F2).

Il confine tra la classe D e le E: il valore medio del parco edilizio esistente

La determinazione dell'energia primaria specifica per riscaldamento, media del parco edilizio, non è sicuramente semplice sia dal punto di vista dell'individuazione della superficie riscaldata, ma ancora di più per quanto concerne l'energia consumata. A causa delle incertezze sui dati (e delle ipotesi con cui vengono elaborati) si può pervenire a degli indici anche abbastanza diversi.

Stima del consumo medio a partire da dati nazionali

Un primo approccio è quello proposto da Dall'O' (Dall'O' et. al., 2008). In primis si ricavano, a livello nazionale, per gli edifici residenziali, per l'anno 2001:

1. la superficie di pavimento pari a 2,08 milioni di m^2 (Istat, 2001);
2. il consumo energetico per riscaldamento nel settore residenziale è pari a 19,3 Mtep (Enea, 2004).

Si ottiene così un valore pari a 108 kWh/m^2 medi di tutto il territorio italiano. In seguito, si esegue una proporzione tra i gradi-giorno nazionali medi pesati sulla popolazione così come stabiliti dall'allegato A del DPR 412/93, pari a 1909 GG, e quelli della Lombardia, con eventuale ripartizione anche per le zone climatiche E, F1 e F2. Il consumo medio lombardo per riscaldamento risulta pari a 142 kWh/m^2; si ottengono così gli indicatori energetici del parco edilizio sia della regione nel suo complesso sia per le tre zone climatiche individuate dal legislatore per la certificazione energetica (**Tabella 4**).

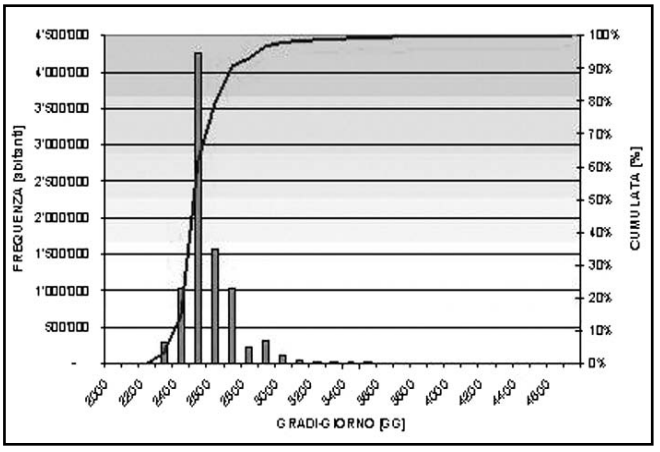


Figura 1 Distribuzione della popolazione con i gradi-giorno in Lombardia.

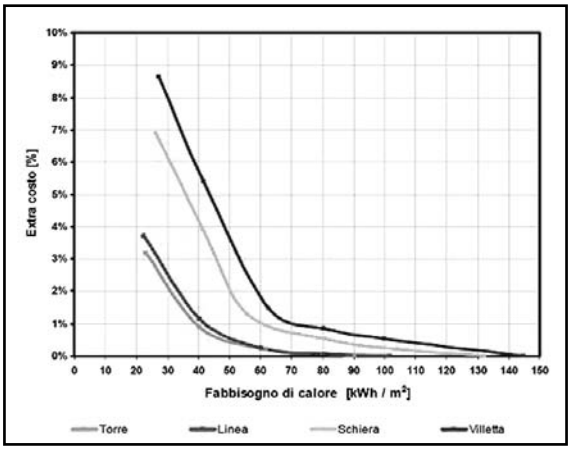


Figura 2 Extra-costo di costruzione in funzione del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento per diverse tipologie edilizie site a Milano (Arpa Lombardia, 2004).

Stima del consumo medio a partire da dati regionali

Procedendo per altra via, a livello Regionale (Enea, 2004) sono forniti i consumi energetici totali del residenziale nell'anno 2001, a cui è possibile associare i dati del censimento, riferiti allo stesso anno. I consumi totali del settore residenziale ammontano a 6666 ktep. Non sono disponibili dei valori disaggregati contemporaneamente per settore (residenziale) e per uso finale (riscaldamento).

Per determinare il valore relativo al solo riscaldamento si utilizzano i dati Enea a livello nazionale che indicano i consumi di energia riferiti alla superficie di pavimento: 19 kWh/m^2 per acqua calda sanitaria, 10 kWh/m^2 per usi di cucina e 23 kWh/m^2 per usi elettrici.

Poiché dai dati Istat si desume una superficie di pavimento degli edifici residenziali pari a 341.342.574 m^2, si ottiene un valore globale di 227 kWh/m^2, da cui, sottraendo 19+10+23=52 kWh/m^2 si ottiene un indicatore medio regionale per riscaldamento pari a 175 kWh/m^2.

Per poter determinare il valor medio delle diverse zone climatiche è necessario eseguire, così come con la procedura precedente, una proporzione con i gradi-giorno medi pesati. I valori sono superiori di circa il 19 % rispetto a quelli ricavati attraverso la metodologia precedente.

Si veda come i valori medi di consumo (elaborati sia a partire da dati nazionali che regionali) siano superiori a quelli proposti dalla procedura Lombarda come limite tra la classe D e la E.

Si ha quindi che un edificio medio sarebbe caratterizzato dalla classe F, ed il 50 % del parco edilizio finirebbe in questo modo in classe F o G.

Il rischio è quello di classificare con la lettera G larga parte del parco edilizio esistente, senza fornire così delle informazione supplementari per gli acquirenti. L'unica differenziazione tra un edificio e l'altro sarà il valore numerico dell'indicatore, ma non la lettera che individua la classe, che peraltro è il parametro che viene comunicato con maggiore efficacia.

CONCLUSIONI

Il valore del consumo medio del patrimonio edilizio costituisce un riferimento indispensabile per procedere alla definizione delle classi di certificazione energetica. Entrambi i metodi proposti presentano possibili inesattezze.

Il primo metodo presenta sicuramente un errore nell'ipotesi della relazione di linearità fra consumi e gradi-giorno. Il secondo parte dal presupposto che i consumi per usi non di riscaldamento nel residenziale (acqua calda, cottura dei cibi e usi elettrici) siano gli stessi in tutta Italia, in quanto indipendenti dal clima. Tuttavia, si ritiene che il secondo metodo sia da preferire perché il margine di errore appare sicuramente inferiore.In ogni caso, i due metodi proposti consentono di trovare un valor medio di consumo specifico, ma non una distribuzione, cioè non riescono a stabilire quanti edifici oggi si trovino in una determinata classe di consumo.

Questo dato servirebbe a definire in modo più ragionato i limiti delle classi, contemplando eventualmente delle sottoclassi che consentano di fornire una valutazione più puntuale delle prestazioni energetiche e a prevedere con maggior precisione il potenziale di risparmio ed i relativi costi degli interventi che si renderanno necessari per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio.

Per poter avere, oltre al valor medio, anche una distribuzione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale del parco edilizio, sarà necessario attendere alcuni anni prima che il neonato catasto energetico della Lombardia possa fornire dati con una numerosità rilevante da un punto di vista statistico. Con queste informazioni, ad oggi non disponibili, e con un'accresciuta esperienza sulla certificazione energetica sarà forse possibile una revisione, sia tecnica che procedurale, di uno standard che ha visto la luce solo da pochi mesi ed è in continuo aggiornamento. E

BIBLIOGRAFIA

- Arpa Lombardia. *Elaborazione di Standard di Qualità per gli Edifici ad Alta Qualità Energetica. Parte seconda: costi e benefici.* Novembre 2004.
- Dall'O' G., Gamberale M., Silvestrini G., a cura di. *Manuale della certificazione energetica degli edifici*. Ed. Ambiente -Milano, 2008
- Enea. *Rapporto energia e ambiente, l'analisi*. 2004
- Istat. *14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni*. 2001

**** Gli autori***

Gian Vincenzo Fracastoro, ingegnere, professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale, Dipartimento di Energetica, Prima Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (PT).

Matteo Serraino, ingegnere, dottorando, Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino.

PARETI LEGGERE IN EDILIZIA

Guida all'impiego secondo la più recente normativa nazionale

di

*Francesco Leccese, Giuseppe Tuoni**

Introduzione

In Italia la richiesta di un sempre maggiore livello di comfort nelle abitazioni durante la stagione estiva ha determinato, negli ultimi anni, un sensibile aumento nelle vendite di impianti di condizionamento e sistemi split; attualmente il mercato di tali impianti è caratterizzato da un incremento annuo superiore al 10%.

Come conseguenza di ciò sono notevolmente aumentati i consumi elettrici: nell'estate 2001 il picco di potenza estivo ha eguagliato il picco di potenza invernale.

Il 20 luglio 2007, la potenza di picco assorbita dalla rete ha raggiunto i 56.520 MW record storico assoluto dei consumi elettrici, superiore di 1000 MW al picco di potenza registrato il 27 giugno 2006.

La Direttiva Europea 2002/91/CE [1] suggerisce strategie per incrementare l'efficienza termica degli edifici nella stagione estiva e raccomanda, in particolare, l'impiego di tecniche di raffrescamento passivo allo scopo di migliorare il comfort termico degli ambienti.

Questo comporta la progettazione di pareti che non solo soddisfino i limiti di resistenza termica, precisati nelle normative tecniche, ma che presentino anche un comportamento in transitorio termico tale da assicurare nell'ambiente interno un accettabile livello di comfort anche in assenza di un impianto di condizionamento.

Queste richieste possono essere soddisfatte con facilità impiegando pareti pesanti ad elevata capacità termica, tipiche dell'edilizia tradizionale; risulta invece nettamente più complesso soddisfare a queste richieste con pareti di tamponamento leggere a bassa capacità termica. In questo caso occorrerà sopperire alla carenza di capacità termica con una riduzione della trasmittanza termica e con una accurata scelta della stratigrafia.

Nel presente lavoro, dopo aver introdotto e discusso i parametri caratterizzanti il comportamento in transitorio termico delle pareti esterne degli edifici, viene brevemente riassunta la più recente normativa nazionale in tema di isolamento termico in edilizia.

Successivamente viene dimostrato attraverso alcuni esempi come sia possibile soddisfare le richieste della normativa anche impiegando pareti multistrato leggere; il comportamento di tali pareti viene paragonato a quello di pareti pesanti tradizionali.

I parametri caratterizzanti il comportamento in transitorio termico delle pareti

Si consideri una parete esterna di un edificio (**fig. 1**).

In condizioni di regime termico periodico il campo termico esterno T_e, il campo termico interno T_i e i flussi termici q_i e q_e rispettivamente sulla faccia interna ed esterna della parete risulteranno funzioni oscillanti del tempo con periodo P.

Tra la temperatura T_i ed il flusso termico q_i e le grandezze analoghe T_e e q_e, sussiste la relazione lineare [2, 3]:

$$\begin{pmatrix} T_i \\ q_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E & F \\ G & H \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} T_e \\ q_e \end{pmatrix} \qquad (1)$$

avendo indicato con E, F, G e H gli elementi della matrice di trasferimento della parete; detta matrice ha determinante unitario per cui risulta:

$$EH - FG = 1 \qquad (2)$$

Per una parete multistrato, composta dalla successione di m strati omogenei, la matrice di trasferimento risulterà la produttoria ordinata (dall'interno all'esterno) delle matrici di trasferimento dei singoli strati. Generalmente in tale produttoria saranno puramente resistivi il primo e l'ultimo strato e risulterà: $r_1=r_i$ e $r_m=r_e$, avendo indicato con r_i e r_e le resistenze

termiche liminari rispettivamente interna ed esterna.

Per l'n-esimo strato omogeneo di resistenza termica r_n (m^2K/W) e capacità termica c_n (J/m^2K) per unità di superficie i corrispondenti elementi di matrice E_n, F_n, G_n, H_n, dipendono da r_n, c_n e P [2, 3]. La resistenza termica globale R della parete, valutata dall'aria interna a quella esterna, e la capacità termica totale C sono date, ovviamente, da:

$$R = \sum_{n=1}^{m} r_n \quad ; \quad C = \sum_{n=1}^{m} c_n$$

con, $c_1 = c_m = 0$. Indicando con d_n, ρ_n, k_n e c_{pn}, rispettivamente lo spessore (m), la densità (kg/m^3), la conducibilità termica (W/mK) e il calore specifico a pressione costante (J/kgK) dello strato n-esimo risulta:

$r_n = d_n/k_n$;

$c_n = \rho_n d_n c_{pn}$

con $n \neq 1, m$.

Si noti che il prodotto tra matrici non è, in generale, commutativo; pertanto, per una parete multistrato, è essenziale l'ordine di successione degli strati (**Nota 1**). Nel caso di un locale servito da un impianto di climatizzazione si può considerare costante la temperatura interna.

In queste condizioni dalla (1) con $T_i = 0$ si ha:

$$\begin{aligned} 0 &= ET_e + Fq_e \\ q_i &= GT_e + Hq_e \end{aligned} \qquad (3)$$

Dalle (2 e 3) consegue:

$$q_i = -\,T_e / F \qquad (4)$$

che rappresenta anche la potenza termica, per unità di superficie della parete esterna, che l'impianto di climatizzazione deve fornire per mantenere costante la temperatura dell'ambiente interno.

Dalla (4) appare evidente che la quantità $1/|F|$ può essere interpretata come la conduttanza dinamica U_D della parete [2]. Ovviamente, in condizioni stazionarie, il flusso termico q_{i0} che attraversa la parete, dovuto ad un salto di temperatura costante pari a $|T_e|$, è dato da:

$$q_{i0} = U\,|T_e| \qquad (5)$$

avendo indicato con $U=1/R$ la trasmittanza termica della parete. Facendo uso delle (4) e (5) si definisce fattore di decremento (*decrement factor*) il rapporto [2-5]:

$$f = |q_i/q_{i0}| = R/|F| = U_D/U \qquad (6)$$

e risulta: $0 \leqslant f \leqslant 1$.

Per lo strato liminare interno di resistenza r_i, indicata con Θ la temperatura della faccia interna della parete (**figura 1**), si ha ovviamente:

$q_i = -\,\Theta / r_i$

da cui per la (4) si ottiene:

$\Theta = (r_i/F)T_e$

Si definisce coefficiente di attenuazione (*wall inner surface decrement factor*) il rapporto:

$$\sigma = |\Theta/T_e| = r_i/|F| \qquad (7)$$

che può essere interpretato come l'attenuazione dell'oscillazione termica esterna sulla faccia interna della parete.

In condizioni stazionarie $P \to \infty$ si ha: $U_D \to U$ e quindi: $f \to 1$ e $\sigma \to r_i/R$.

Dalle (6) e (7) consegue [4]: $f = \sigma R/r_i$ per cui risulterà, in ogni caso, $f > \sigma$. Le oscillazioni della temperatura Θ avverranno con uno sfasamento, ovvero con un ritardo temporale (*time lag*) τ, rispetto a quelle della temperatura esterna, dato da [2, 3]:

$$\tau = (P/2\pi)\,\arg(F)$$

avendo indicato con arg(F) l'argomento della quantità complessa F.

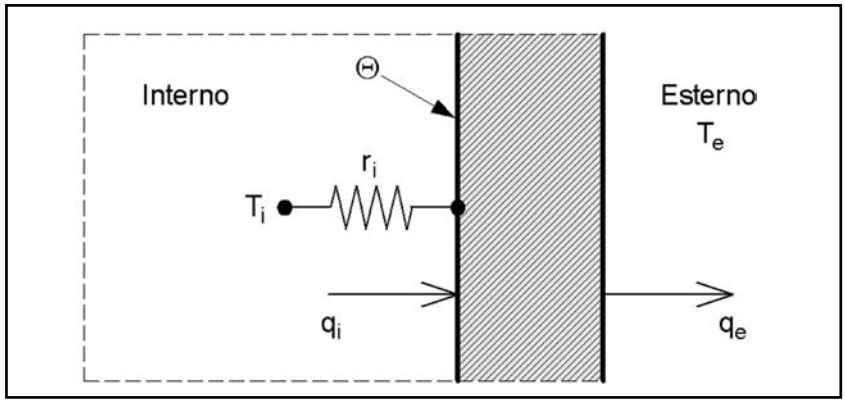


Figura 1 Schematizzazione della parete esterna

Nota 1 - Si verifica facilmente che il prodotto tra matrici rappresentanti stati puramente resisitivi (con buona approssimazione strati di isolante termico) e il prodotto tra matrici rappresentanti stati puramente capacitivi (con buona approssimazione strati metallici) sono commutativi. In generale la commutabilità tra matrici, caratterizzanti strati omogenei diversi, è possibile solo se il rapporto tra capacità e resistenza termica è lo stesso per ogni strato e cioè se $c_n/r_n = \rho_n k_n c_{pn}$ è costante per tutti gli strati.

Da quanto precede risulta evidente che, per una parete multistrato, i parametri f (ovvero σ) e τ dipendono da R, da C, dall'ordine di successione degli strati e dal periodo P. Generalmente si assume P = 24 h che corrisponde a variazioni di temperatura giornaliere.
La parete esterna garantirà un isolamento termico dinamico tanto maggiore, e cioè le condizioni interne del locale saranno tanto meno vincolate a quelle esterne, quanto più piccolo è il fattore di decremento f (ovvero il coefficiente di attenuazione σ) e quanto più grande è il ritardo τ (**Nota 2**).
Nella Normativa [5, 6] viene preferito il fattore di decremento f al coefficiente di attenuazione σ anche se quest'ultimo permette di valutare direttamente la temperatura Θ della faccia interna delle pareti costituenti l'involucro dell'edificio.
La temperatura Θ è particolarmente importante ai fini del comfort ambientale in quanto gli scambi termici per irraggiamento tra corpo umano e ambiente sono determinati proprio dalla temperatura delle pareti che delimitano lo spazio interno.
Si noti inoltre che se la temperatura Θ risulta inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria ambiente si ha formazione di condensa superficiale con conseguente sviluppo di colonie fungine e la comparsa di macchie sulle pareti. La conoscenza della temperatura Θ è poi necessaria per il calcolo della temperatura operante interna (UNI 10375, 1995).

La normativa

La Direttiva Europea 2002/91/CE, adottata in Italia con il D. Lgs.vo 192/2005 [7], impone dei valori massimi U_{max} della trasmittanza termica delle strutture componenti l'involucro dell'edificio in funzione della zona climatica. In tale decreto, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, si prescrive (con l'esclusione della zona climatica F) che la massa superficiale M debba risultare non inferiore al valore limite M_{lim}=230 kg/m^2 se il valore medio mensile dell'intensità della radiazione solare, nel mese di massima insolazione, risulti superiore a 290 W/m^2. Per massa superficiale M si intende la massa per unità di superficie della parete compresa la malta dei giunti ma esclusi gli strati di intonaco [7].
La stessa norma prevede che questa condizione sul valore minimo di M possa anche essere disattesa qualora, con l'utilizzo di tecniche e materiali innovativi, risulti possibile contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in relazione all'andamento dell'irraggiamento solare [8-10].
Nella pratica edilizia corrente vengono impiegate, assai spesso, pareti di tamponamento e solai di copertura con valori di M anche nettamente inferiori al valore di 230 kg/m^2, di qui la necessità di prevedere per queste strutture l'uso di materiali adatti e di progettarle con opportune stratigrafie ed opportuni valori di U (ovviamente con $U < U_{max}$) in maniera tale da conferire ad esse un comportamento termico in condizioni non stazionarie, caratterizzato da valori dei parametri f e τ pari o migliori di quelli di strutture tradizionali con $M=M_{lim}$ e $U= U_{max}$ (**Nota 3**).
Per quanto riguarda le normative regionali è opportuno evidenziare, p. e., che nelle Linee Guida per l'Edilizia Sostenibile della Regione Toscana [11], derivanti dal Protocollo Itaca [12], si assume, per un edificio, come indicatore di prestazione del requisito inerzia termica, il valore del ritardo

---

Nota 2 – Per quanto riguarda il ritardo τ si osservi che i carichi termici presenti in un edificio sono essenzialmente dovuti alla radiazione solare trasmessa attraverso il finestrato, all'energia richiesta per il trattamento termico dell'aria di ricambio e alla trasmissione del calore attraverso la parte opaca dell'involucro dell'edificio. I primi due carichi termici sono sostanzialmente in fase con la sollecitazione termica esterna; una riduzione del carico termico massimo può allora ottenersi progettando le pareti costituenti l'involucro in modo che esse presentino elevati valori di τ in modo da ritardare, rispetto alla sollecitazione termica esterna, il carico termico dovuto alla trasmissione del calore.
Nota 3 – E' opportuno ricordare che la massa delle strutture era presente nella normativa termotecnica italiana già dalla fine degli anni sessanta. Più precisamente nelle CC. Ministero LL. PP. n. 3151/1967 e n. 6795/1970, che avevano carattere impositivo solo per l'edilizia sovvenzionata e per l'edilizia scolastica, veniva stabilita una correlazione tra la massa per unità di superficie M (kg/m^2) di una data struttura esterna e la sua trasmittanza termica U. Più precisamente ad ogni valore di M veniva fatto corrispondere un valore limite $U_0(M)$ della trasmittanza, una parete di massa M e trasmittanza U rientrava nella norma se risultava: $U<U_0(M)$. I valori limiti $U_0(M)$ aumentavano all'aumentare di M: si tolleravano pareti con trasmittanza termica gradualmente maggiore al crescere della massa. Nella UNI 10375 (1995), relativa al calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti, la potenza termica trasmessa da una parete opaca in funzione del tempo viene posta in relazione con f e τ. Nell'Appendice A alla stessa norma sono riportati, per esempio, i valori di f e τ, per pareti ad isolamento ripartito, in funzione della trasmittanza e della massa per unità di superficie della parete.

Parete	Strato	Materiale	d (cm)	ρ (kg/m³)	k (W/mK)	c_p (kJ/kgK)
PL1	1	(esterno) Pannello in fibre di legno	1.5	1400	0.20	1.60
	2	Intercapedine d'aria	4.0			
	3	Pannello di legno e leganti organici (OSB)	2.0	600	0.16	1.70
	4	Pannello semirigido in lana di roccia	10.0	80	0.035	1.00
	5	Pannello di legno e leganti organici (OSB)	2.0	600	0.16	1.70
	6	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	10.0	35	0.034	1.40
	7	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	6.0	35	0.034	1.40
	8	Pannello di legno e leganti organici (OSB)	1.5	600	0.16	1.70
	9	(interno) Pannello in gesso rivestito	1.25	1000	0.47	1.00
PL2	1	(esterno) Pannello in materiale composito	3.0	550	0.090	1.40
	2	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	6.0	35	0.034	1.40
	3	Pannello in lana di legno mineralizzata	5.0	360	0.090	1.55
	4	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	12	35	0.034	1.40
	5	Pannello semirigido in lana di roccia	5.0	80	0.035	1.00
	6	Intercapedine d'aria	8.0			
	7	(interno) Pannello in gesso rivestito	3.75	1000	0.47	1.00
PL3	1	(esterno) Intonaco	1.0	1600	0.80	1.00
	2	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	3.0	35	0.034	1.40
	3	Calcestruzzo cellulare	22	500	0.13	0.84
	4	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	3.0	35	0.034	1.40
	5	(interno) Intonaco	1.0	1600	0.80	1.00
PL4	1	(esterno) Intonaco	2.0	1600	0.80	1.00
	2	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	54.0	35	0.034	1.40
	3	(interno) Intonaco	2.0	1600	0.80	1.00

Tabella 1 Stratigrafie delle pareti PL1, PL2, PL3 e PL4

Parete	Strato	Materiale	d (cm)	ρ (kg/m³)	k (W/mK)	c_p (kJ/kgK)
PTC	1	(esterno) Intonaco	1.0	1600	1.0	0.88
	2	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	8.0	35	0.034	1.40
	3	Blocco in laterizio	25.0	910	0.43	0.84
	4	(interno) Intonaco	1.0	1600	1.0	0.88
PTS	1	(esterno) Intonaco	1.0	1600	1.0	0.88
	2	Blocco in laterizio	12.0	1000	0.40	0.84
	3	Pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato	8.0	35	0.034	1.40
	4	Blocco in laterizio	12	1000	0.40	0.84
	5	(interno) Intonaco	1.0	1600	1.0	0.88

Tabella 2 Stratigrafie delle pareti PTC e PTS

medio $\bar{\tau}$. Il valore di $\bar{\tau}$ essendo determinato come media dei valori dei τ relativi alle varie pareti, diversamente orientate, componenti l'involucro dell'edificio.
Viene attribuito all'edificio un punteggio p variabile da − 2 a +5 confrontando il valore di τ con una data scala di prestazione; si ha p = − 2 per $\bar{\tau} < 7$ h e p = 5 per $\bar{\tau} > 12$ h. Recentemente (aprile 2007), a seguito di un aggiornamento del Protocollo Itaca, nel requisito inerzia termica è stato aggiunto come indicatore di prestazione, anche il fattore di decremento medio $\bar{f}$.

Esempi di pareti leggere multistrato

Nel seguito si riportano alcuni esempi di pareti multistrato leggere di tamponamento, indicate con le sigle PL1, PL2 e PL3.
Tutte le pareti considerate sono caratterizzate da valori della conduttanza nettamente inferiori ai valori limiti imposti dal D. Lgs.vo 192 (a partire dal 1 gennaio 2010) per tutte le zone climatiche italiane.
Per le resistenze termiche liminari si è considerato (UNI EN ISO 6946, 2007): r_i = 0.13 e r_e = 0.040 m^2K/W.
Le stratigrafie delle pareti PL1 (a nove strati), PL2 (a sette strati) e PL3 (a cinque strati) sono riportate nella Tab. 1 dove sono precisati i materiali costituenti i vari strati con le rispettive caratteristiche termofisiche e i relativi spessori d.
Il sistema costruttivo della parete PL1 è tipico delle strutture leggere in legno assai diffuso nell'Europa centro-settentrionale e privilegia l'impiego di materiali leggeri ed isolanti. La parete è costituita da elementi portanti in pannelli di legno a fibre orientate e leganti organici (OSB) alternati a strati di isolante termico e acustico: polistirene e lana di roccia. La superficie esterna è rivestita con pannelli in fibre di legno, la superficie interna è rivestita con pannelli in gesso rivestito. La parete PL1 presenta: spessore complessivo D = 38 cm; massa superficiale M = 68 kg/m^2; trasmittanza termica U = 0.12 W/m^2K e capacità termica C = 118 kJ/m^2K.
La parete PL2 è caratterizzata da una successione di strati aventi caratteristiche di isolamento termico ed acustico (**Tabella 1**). Il rivestimento esterno è realizzato in lastre di materiale composito costituito da una matrice di silice espansa in granuli unita a resina epossidica. Queste lastre sono realizzate con la tecnica "complete panel" che prevede l'applicazione dell'intonaco di finitura, in condizioni normalizzate, all'interno dello stabilimento di produzione. Seguono dall'esterno verso l'interno: strati di polistirene, di lana di legno mineralizzata, di lana di roccia. L'intercapedine d'aria (verso l'interno) è destinata ad ospitare le canalizzazione degli impianti. La finitura interna è realizzata con lastre di gesso rivestito. La parete PL2 presenta: D=43 cm; M=82 kg/m^2; U=0.13 W/m^2K e C=101 kJ/m^2K.
La parete PL3 è costituita da uno strato di calcestruzzo cellulare autoclavato posto tra due strati di materiale isolante, entrambe le facce della parete sono intonacate con malta di calce (**Tabella 1**). Una parete di questo tipo, le cui prestazioni sono state studiate dagli autori in [2-4], è attualmente largamente impiegata in USA e in Canada; in Italia trova oggi applicazioni nella realizzazione di pareti di tamponamento prefabbricate per capannoni industriali o nella realizzazione di pareti in cls gettate in opera, largamente utilizzate, queste ultime, per realizzare i piani interrati degli edifici. La parete PL3 presenta: D=30 cm; M=112 kg/m^2; U=0.27 W/m^2K e C=127 kJ/m^2K.
Infine la parete PL4, a tre strati, può considerarsi la realizzazione pratica di una parete omogenea. La parete è costituita da uno strato in polistirene, entrambe le facce della parete sono intonacate con malta di calce (**Tabella 1**). La parete PL4 presenta: D=58 cm; M=19 kg/m^2; U=0.062 W/m^2K e C=90 kJ/m^2K. Dato l'elevato spessore tale la parete è di scarsa importanza pratica ed è stata considerata come caso limite di parete leggerissima.

Confronto tra pareti leggere e pareti tradizionali

Il comportamento in transitorio termico delle pareti leggere PL1, PL2 e PL3 è stato confrontato con due pareti tradizionali: la PTC con isolamento "a cappotto" e la PTS con isolamento "a sandwich".
Le stratigrafie delle pareti PTC e PTS sono riportate in Tabella 2 dove sono precisati i materiali costituenti i vari strati con le rispettive caratteristiche termofisiche e i relativi spessori d.
La parete PTC è caratterizzata da: D=35 cm; M=230 kg/m^2; U=0.32 W/m^2K e C=223 kJ/m^2K; mentre per la parete PTS si ha: D=34 cm; M = 243 kg/m^2; U=0.32 W/m^2K e C = 234 kJ/m^2K.
Entrambe le pareti soddisfano il D. Lgs.vo 192 per tutte le zone climatiche (dal 1 gennaio 2010) e per valori di insolazione anche superiori a 290 W/m^2.

In Tab. 3 sono riportati i valori della massa superficiale M, della trasmittanza U, del fattore di decremento f e del ritardo temporale τ per le pareti PL1, PL2, PL3, PL4 e per le pareti tradizionali di confronto PTC e PTS; i valori di f e τ si riferiscono a P = 24 h.

Dalla Tab. 3 appare evidente che le pareti PL1, PL2, PL3 pur presentando valori di M nettamente inferiori al valore limite di 230 kg/m^2 sono caratterizzate da valori dei parametri f e τ migliori di quelli relativi alle pareti tradizionali PTC e PTS.

Pertanto, considerando anche i bassi valori delle trasmittanze delle pareti PL1, PL2 e PL3 si può affermare che tali pareti soddisfino i limiti imposti dal D. Lgs.vo 192 per tutte le zone climatiche italiane e per qualunque livello di insolazione. Ovviamente anche la parete PL4 soddisfa tale decreto ma, a causa del suo elevato spessore, ha scarsa importanza nella pratica edilizia.

Nelle Figg. 2 e 3 è riportato, per le sei pareti esaminate in precedenza, l'andamento, in funzione del periodo P, rispettivamente del fattore di attenuazione f e del ritardo temporale τ. Si è considerato per P l'intervallo 10-200 h comprendente oscillazioni della temperatura dovute a variazioni dell'irraggiamento solare durante il giorno, variazioni giornaliere della temperatura e variazioni della temperatura di periodo più lungo come una settimana.

Dalla Fig. 2 risulta evidente che le pareti leggere, per i valori di P considerati, presentano un comportamento assai buono: le curve relative alle pareti PL1 – 4 sono assai vicine alla curva relativa alla parete PTC o al più sono comprese tra quella della PTC e quella della PTS. Si noti la netta differenza di comportamento tra le due strutture tradizionali PTC e PTS, pur essendo esse caratterizzate da uno stesso valore di U e valori praticamente uguali di M: per ogni valore di P la parete PTC con isolamento a cappotto presenta valori di f nettamente inferiori di quella PTS a sandwich.

Dall'andamento delle curve riportate in Fig. 3 si evince che le pareti leggere PL1 – 4, per i valori di P considerati, presentano ritardi temporali significativamente maggiori di quelli relativi alle pareti pesanti tradizionali PTC e PTS.

Si noti infine che anche per quanto riguarda τ il comportamento delle pareti PTC e PTS è notevolmente differente, in particolare le curve relative alle pareti PTC e PTS si intersecano per $P=P_0 \cong 34$ h; per $P < P_0$ è preferibile la parete PTS; per $P > P_0$ è preferibile la parete PTC.

Parete	M (kg/m^2)	U (W/m^{2}K)	f	τ (h)
PTC	230	0.32	0.201	9.7
PTS	243	0.32	0.322	10.1
PL1	68	0.12	0.195	11.8
PL2	82	0.13	0.201	11.3
PL3	112	0.27	0.171	11.1
PL4	19	0.062	0.200	13.8

Tabella 3 Confronto tra pareti leggere e pareti tradizionali in laterizio

Conclusioni

Dopo avere definito i parametri, fattore di decremento f e ritardo temporale τ, caratterizzanti il comportamento in condizioni non stazionarie delle pareti esterne degli edifici ed illustrato brevemente il quadro normativo nazionale, è stato confrontato il comportamento di alcune pareti multistrato leggere con quello di pareti pesanti tradizionali.

Più precisamente sono state considerate come riferimento due pareti tradizionali assai usate nella pratica edilizia, una, PTC, in laterizio con lo strato di isolante posto sull'esterno (cappotto) e l'altra, PTS, con l'isolante disposto tra due paramenti in laterizio (sandwich).

Entrambe le pareti sono state dimensionate in modo da soddisfare completamente le richieste del D. Lgs.vo 192, per tutte le zone climatiche e per qualunque livello di insolazione, sia per quanto riguarda il valore della trasmittanza

($U = 0.32 < U_{lim}$ W/m^{2}K) sia il valore della massa superficiale ($M \geqslant M_{lim} = 230$ kg/m^2).
Sono state quindi studiate tre pareti multistrato leggere con diverse e particolari stratigrafie: le pareti PL1 (a nove strati) e PL2 (a sette strati) entrambe con $M \cong 1/3\ M_{lim}$ e la parete PL3 (a cinque strati) con $M \cong 1/2\ M_{lim}$, per le tre pareti risulta ovviamente $U < U_{lim}$ W/m^{2}K per tutte le zone climatiche. Si è dimostrato che queste pareti, pur presentando valori di M nettamente inferiori al valore limite di normativa, sono caratterizzate da valori dei parametri f e τ migliori di quelli relativi alle pareti tradizionali PTC e PTS e pertanto possono essere considerare accettabili ai sensi del D. Lgs.vo 192.
Nella valutazione dei parametri f e τ si è considerato, per il periodo P della sollecitazione termica esterna: P = 24 h, come esplicitamente richiesto dalla normativa, e l'intervallo $10 \leqslant P \leqslant 200$ h per considerare anche oscillazioni termiche a periodo minore di 24 h o maggiore quali, per esempio, quelle di una settimana.
Si è anche evidenziato che è possibile soddisfare la normativa con pareti leggerissime, p.e. la parete PL4 con $M \cong 1/10\ M_{lim}$, ma, in questi casi, il bassissimo valore della trasmittanza richiesto ($U = 0.062$ W/m^{2}K), comporterebbe l'impiego di elevati spessori di materiale isolante che porterebbero lo spessore della parete a valori tali da renderne problematico l'impiego nella pratica edilizia. ■

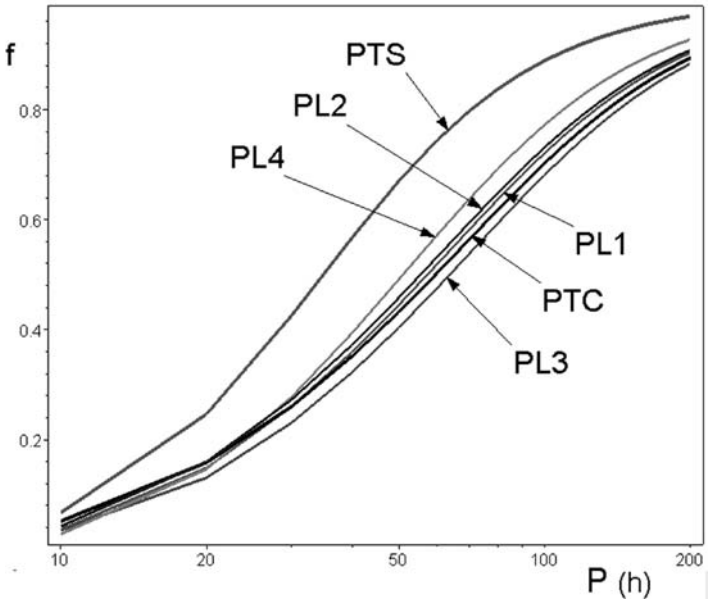


Figura 2 Andamento del fattore di attenuazione f in funzione del periodo P per le pareti considerate.

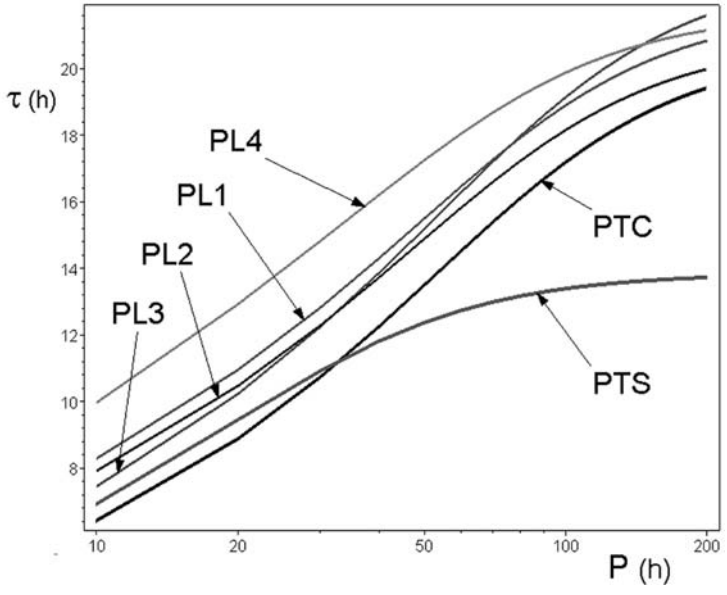


Figura 3 Andamento del ritardo temporale τ in funzione del periodo P per le pareti considerate

Riconoscimenti

Il presente lavoro è stato sviluppato dall'Unità di Ricerca di Pisa: *"Prestazioni dell'involucro edilizio ed altri consumi energetici. Interventi di riqualificazione energetica su edifici esistenti e criteri per la certificazione"* (Coord. Prof. G. Tuoni) nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di rilevante Interesse Nazionale: *"Contributi scientifici per l'applicazione delle procedure di certificazione energetica degli edifici esistenti: comfort e impatti ambientali"* (Sede di coordinamento: Università di Palermo) cofinanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nel periodo 2006-2008.

Bibliografia

[1] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings (Official Journal of the European Communities, 4 January 2003, n. L1, pag. 65).

[2] Ciampi M., Fantozzi F., Leccese F., Tuoni G., On the optimization of building envelope thermal performance - Multi-layered walls design to minimize heating and cooling plant intervention in the case of time varying external temperature fields. *Civil Engineering and Environmental Systems*, Taylor & Francis, ISSN: 1028-6608, december 2003, Vol. 20 (4), 2003, pp. 231-254.

[3] Ciampi M., Leccese F., Tuoni G., Multi-layered walls design to optimize building-plant interaction. *International Journal of Thermal Science*, Elsevier, ISSN: 1290-0729, april 2004, Vol. 43 (4), pp. 417-429.

[4] Tuoni G., Ciampi M., Fantozzi F., Leccese F., Sul progetto delle pareti esterne opache e delle strutture interne degli edifici in regime termico dinamico, in AA.VV. "La certificazione energetica ed ambientale degli edifici", Flaccovio Editore, Palermo, 2007, pp. 146-166.

[5] UNI EN ISO 13786 (2001), Prestazione termica degli edifici – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo.

[6] UNI CTI 10375 (bozza di revisione, settembre 2005), Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti.

[7] D. Lgs.vo n. 192 del 19 agosto 2005, Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, modificato dal D. Lgs.vo n. 311 del 29 dicembre 2006, Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

[8] Ciampi M., Leccese F., Tuoni G., Sull'impiego delle pareti ventilate per la riduzione dei carichi termici estivi. *Costruire in Laterizio*, Faenza Editrice, ISSN: 0394-1590, settembre-ottobre 2002, n. 89, pp. 70-75.

[9] Ciampi M., Leccese F., Tuoni G., Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. *Solar Energy*, Elsevier, ISSN: 0038-092X, december 2003, Vol. 75 (6), pp. 491-502.

[10] Ciampi M., Leccese F., Tuoni G., Energy Analysis of Ventilated and Microventilated Roofs. *Solar Energy*, Elsevier, ISSN: 0038-092X, august 2005, Vol. 79 (2), pp. 183-192.

[11] Linee Guida per l'Edilizia Sostenibile in Toscana, Regione Toscana, Giunta Regionale, maggio 2006.

[12] Istituto per la Trasparenza, l'Aggiornamento e la Certificazione degli appalti (ITACA), Protocollo ITACA sintetico per la valutazione della qualità energetica e ambientale di un edificio (Rev.2). Roma, aprile 2007.

**** Gli Autori***

Prof. Giuseppe Tuoni, Professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale presso il Dip.to di Energetica "L. Poggi" dell'Università di Pisa, Facoltà di Ingegneria.

Ing. Francesco Leccese, Ricercatore di Fisica Tecnica Ambientale presso il Dip.to di Energetica "L. Poggi" dell'Università di Pisa, Facoltà di Ingegneria.

CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE

di
Claudia Salani

Il consumo energetico per il condizionamento estivo è una voce sempre più importante che va limitata tramite un'opportuna progettazione. Attualmente, il DLgs 311/2006, Allegato I, comma 9, prevede l'installazione di sistemi schermanti sulle superfici vetrate, l'ottimizzazione di strutture e spazi per lo sfruttamento della ventilazione naturale o, se non sufficiente, il ricorso alla ventilazione meccanica e, sotto alcune condizioni, l'utilizzo di strutture 'pesanti':

"… il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti … verifica, "in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W/m^2, che il valore della massa superficiale M_s delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate sia superiore a 230 kg/m^2 […]

[…]Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale. […] possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare."

L'applicazione di quest'ultima disposizione non è chiara e si presta a interpretazioni diverse. Sembra però che nei decreti attuativi di prossima pubblicazione verrà introdotto, in alternativa alla verifica della massa superficiale, un limite sulla trasmittanza termica periodica, che dovrà essere inferiore a 0,12 W/m^{2}K (il valore non è definitivo e ancora soggetto a discussione). Il metodo di calcolo della trasmittanza periodica è descritto nella norma UNI EN ISO 13786: 2008 (che ha appena sostituito la versione del 2001).

Basi teoriche

La trasmittanza periodica è un parametro dinamico, cioè calcolato considerando condizioni di temperatura e flusso variabili nel tempo sui due lati della struttura in esame.

Nel caso stazionario, il flusso è costante in ogni punto della struttura e la distribuzione della temperatura dipende solo dalla conduttività dei materiali. Invece se consideriamo condizioni al contorno variabili nel tempo, il flusso varia all'interno del corpo e la distribuzione di flusso e temperatura dipendono anche dall'inerzia termica dei materiali, cioè dalla loro capacità di accumulare calore per poi rilasciarlo successivamente.

Per uno strato omogeneo con conducibilità λ, densità ρ e calore specifico c, la distribuzione di temperatura Φ e flusso specifico q, si ricavano le equazioni:

$$\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho}\frac{\partial^2\theta(x,t)}{\partial x^2}$$

$$q(x,t) = -\lambda\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial x}$$

Dalla prima equazione si vede che il trasferimento di calore aumenta all'aumentare della conducibilità e al diminuire di calore specifico e densità del materiale.

Più precisamente, si definisce profondità di penetrazione periodica δ, la profondità alla quale l'ampiezza delle variazioni di temperatura è ridotta di un fattore e (base dei logaritmi naturali, $e \approx 2.718$) in un materiale omogeneo di spessore infinito soggetto a variazioni sinusoidali di temperatura sulla sua superficie (vedi **Figura1**):

$$\delta = \sqrt{\frac{T}{\pi}\cdot\frac{\lambda}{c\rho}}$$

Dove T è il periodo dell'oscillazione, nel seguito si considereranno sempre periodi di 24 h (86400 s).

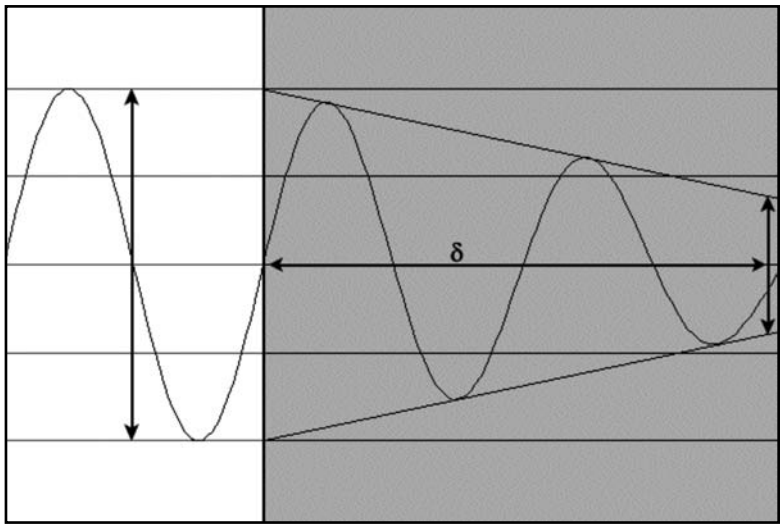


Figura 1

Se lo strato ha spessore d, si denota con ξ il rapporto tra lo spessore e la profondità di penetrazione:

$$\xi = \frac{d}{\delta}$$

Supponendo quindi di avere condizioni di periodo T sui due lati e sviluppando in serie di Fourier la temperatura, si ricava la matrice di trasferimento che permette di calcolare temperatura e flusso su un lato, conoscendo temperatura e flusso sull'altro lato:

$$\begin{bmatrix} \theta_2 \\ q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{1,11} & Z_{1,12} \\ Z_{1,21} & Z_{1,22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \theta_1 \\ q_1 \end{bmatrix}$$

I componenti della matrice di trasferimento sono numeri complessi:

$$Z_{1,11} = Z_{1,22} = \cosh(z)$$

$$Z_{1,12} = -\frac{d}{\lambda \cdot z} \sinh(z)$$

$$Z_{1,21} = \frac{\lambda \cdot z}{d} \sinh(z)$$

Dove $z = \xi + i\xi$ e $i = \sqrt{-1}$ è l'unità immaginaria.

Se lo strato è costituito da un'intercapedine d'aria con resistenza R (con capacità $c \cdot \rho$ trascurabile) la matrice è:

$$Z_a = \begin{bmatrix} 1 & -R \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La matrice di trasferimento di strutture composte da n strati omogenei viene calcolata come prodotto delle matrici dei singoli strati, inclusi gli strati liminari:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = Z_e Z_n Z_{n-1} \ldots Z_2 Z_1 Z_i$$

Dove $Z_1, \ldots Z_n$ sono le matrici degli n strati, iniziando dal più interno, mentre Z_i e Z_e sono le matrici degli strati liminari interno ed esterno. Indicando con pedice e i valori esterni e pedice i quelli interni si ha:

$$\begin{bmatrix} \theta_e \\ q_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \theta_i \\ q_i \end{bmatrix}$$

Ricavando dall'equazione sopra i flussi in funzione delle temperature, si ottiene:

$$\begin{bmatrix} q_i \\ q_e \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_{12}} \begin{bmatrix} Z_{11} & -1 \\ -1 & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \theta_i \\ \theta_e \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \theta_i \\ \theta_e \end{bmatrix} = Y \cdot \begin{bmatrix} \theta_i \\ \theta_e \end{bmatrix}$$

La matrice Y è detta delle ammettenze, i suoi termini Y_{11} e Y_{22} sono le ammettenze, rispettivamente interna e esterna, cioè il rapporto tra il flusso termico periodico che attraversa l'unità di superficie su un lato del componente e la sollecitazione termica periodica sullo stesso lato nell'ipotesi che la temperatura sull'altro lato del componente sia costante:

$$Y_{11} = \frac{Z_{11}}{Z_{12}} = \left. \frac{q_i}{\theta_i} \right|_{\theta_e = 0}$$

$$Y_{22} = \frac{Z_{22}}{Z_{12}} = \left. \frac{q_e}{\theta_e} \right|_{\theta_i = 0}$$

Il termine Y_{12} (uguale a Y_{21}) è la trasmittanza termica periodica, cioè il rapporto tra il flusso termico periodico che attraversa l'unità di superficie su un lato del componente e la sollecitazione termica periodica sull'altro lato nell'ipotesi che la temperatura sul primo lato sia costante:

Il rapporto tra trasmittanza periodica e trasmittanza stazionaria U è un numero complesso

$$Y_{12} = -\frac{1}{Z_{12}} = \left. \frac{q_i}{\theta_e} \right|_{\theta_i = 0}$$

il cui modulo f è il fattore di decremento o attenuazione e il suo argomento Δt_f (in ore) è lo sfasamento:

$$f = \frac{|Y_{12}|}{U} \qquad \Delta t_f = \frac{12}{\pi} \arg(Y_{12})$$

Questo significa che se il componente è sollecitato su di un lato da un'onda termica di periodo 24 h e ampiezza a, nel passaggio attraverso la struttura, l'ampiezza dell'onda sarà ridotta di un fattore f e avrà un ritardo di Δt_f (vedi **Figura 2**).
Non si parla di limiti di legge per l'attenuazione, ma possiamo ipotizzare dei valori ragionevoli di f al fine che siano rispettati sia i limiti di trasmittanza imposti dal DLgs 311 (valori 2008), sia quello di 0.12 W/m^{2}K sulla trasmittanza periodica:

Zona climatica	Coperture	Pareti	Pavimenti
A	0.29	0.17	0.16
B	0.29	0.22	0.22
C	0.29	0.26	0.24
D	0.34	0.30	0.29
E	0.38	0.32	0.32

Una struttura che verifichi sia i valori di attunuazione riportati nella tabella sopra, sia i limiti di trasmittanza del DLgs 311, sicuramente avrà trasmittanza periodica inferiore a 0.12 W/m^{2}K, ma è possibile che trasmittanza stazionaria e periodica rispettino i limiti con attenuazioni superiori a quelle riportate nella tabella sopra.

Esempi di calcolo

Come si è visto, la risposta inerziale migliora all'aumentare della massa e del calore specifico e diminuisce al crescere della conduttività. Confrontiamo le prestazioni di due materiali molto diversi: un calcestruzzo pesante, ma con alta conduttività e calore specifico non molto elevato e un polistirene espanso sinterizzato leggero ma con bassa conduttività e un calore specifico non elevatissimo ma superiore a quello del calcestruzzo. In **Tabella 1** riportiamo le caratteristiche fisiche dei due materiali e la profondità di penetrazione periodica δ, che risulta essere leggermente più bassa per il calcestruzzo.
Consideriamo uno strato di 10 cm di spessore per ciascuno dei due materiali e confrontiamo le prestazioni (vedi **Tabella 2**).
La trasmittanza U è chiaramente molto inferiore nell'EPS e anche la trasmittanza periodica Y_{12} ha modulo decisamente più basso nello strato di materiale isolante.
Notiamo però che, essendo trasmittanza periodica e trasmittanza stazionaria del polistirene quasi uguali, il loro rapporto, l'attenuazione, è prossima a 1 e anche lo sfasamento è scarso.

	CLS	EPS
ρ [kg/m^2]	2400	30
c [J/kg K]	878.64	1255.2
λ [W/m K]	1.9	0.04
δ [m]	0.1574	0.1709

Tabella 1

	CLS	EPS
δ [m]	0.1	0.1
U [W/m^{2}K]	4.4967	0.3745
$\lvert Y_{12} \rvert$ [W/m^2 K]	3.8733	0.3733
f [-]	0.8613	0.9966
Δt_f [h]	2h 27'	30'

Tabella 2

A sinistra in Tab.1, caratteristiche fisiche di CLS e EPS; a destra in Tab.2, paramentri dinamici per spessori di materiale di 10 cm.

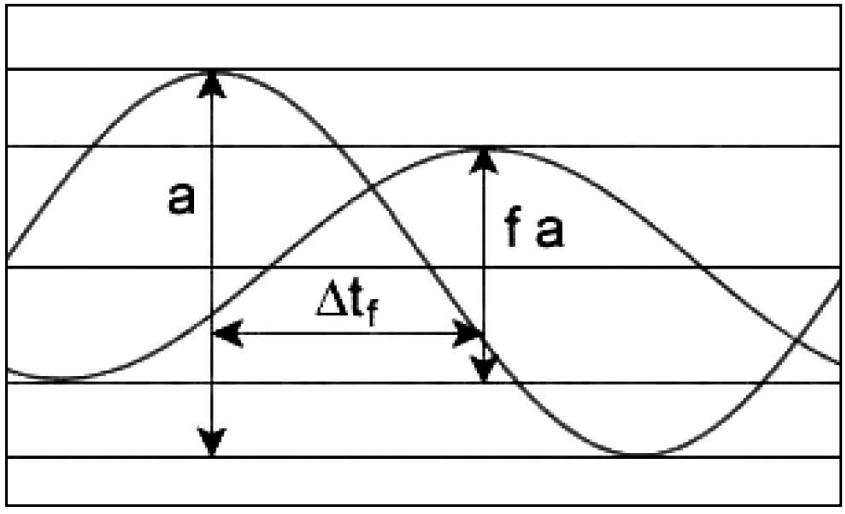


Figura 2 Attenuazione e sfasamento dell'onda

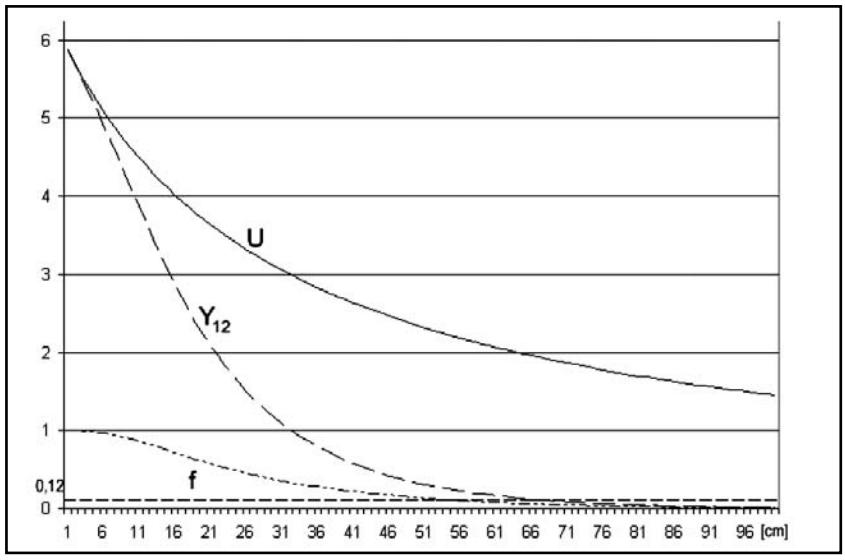


Figura 3 CALCESTRUZZO

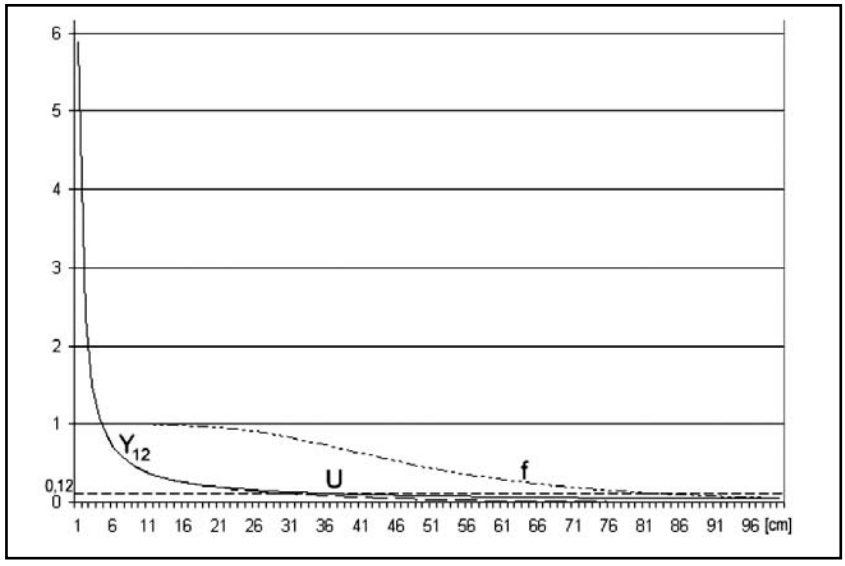


Figura 4 EPS

Nelle figure 3 e 4 è mostrato l'andamento di U, $|Y_{12}|$ e f in funzione dello spessore de materiale, da 1 cm a 1 m. All'aumentare dello spessore ovviamente diminuiscono U, $|Y_{12}|$ e f in entrambi i materiali. Le trasmittanze diminuiscono più lentamente nel caso del calcestruzzo e per arrivare a una trasmittanza periodica di 0.12 W/m²K occorrono 65 cm di spessore mentre bastano 28 cm di EPS per raggiungere lo stesso risultato.

Il problema con lo strato di solo polistirene è che trasmittanza periodica e trasmittanza stazionaria sono praticamente uguali per i primi 15 cm e conseguentemente sfasamento e attenuazione risultano inadeguati.

Accoppiando uno strato di isolante a uno di calcestruzzo si ottengono, con l'isolante all'interno, risultati intermedi tra quelli del solo calcestruzzo e quelli del solo EPS, mentre isolando dall'esterno si verifica una notevole diminuzione della trasmittanza periodica e si ottiene il risultato migliore in termini di attenuazione (vedi **Tabella** 3).

Tabella 3

	CLS	**EPS**	**EPS + CLS Isolamento interno**	**CLS + EPS Isolamento esterno**	**CLS + EPS Isolamento esterno**
d [m]	0.28	0.28	0.14 + 0.14	0.14 + 0.14	0.14 + 0.10
U [W/m²K]	3.1578	0.1395	0.2671	0.2671	0.3645
$\|Y_{12}\|$ [W/m²K]	1.2390	0.1195	0.1519	0.0781	0.1093
f [-]	0.3924	0.8571	0.5688	0.2923	0.3000
Dtf [h]	7h 6'	3h 23'	5h 23'	6h 39'	6h 13'

Il valore della trasmittanza periodica è molto basso accoppiando 14 cm di calcestruzzo con 14 cm di polistirene: è possibile avere $|Y_{12}| < 0.12$ W/m²K diminuendo lo spessore di EPS fino a 10 cm, senza diminuire sensibilmente lo sfasamento.
Si verifica che mantenendo la struttura composta di CLS + EPS, con isolante all'esterno, di spessore costante di 24 cm, è possibile ottenere risultati migliori bilanciando meglio gli spessori dei due materiali.

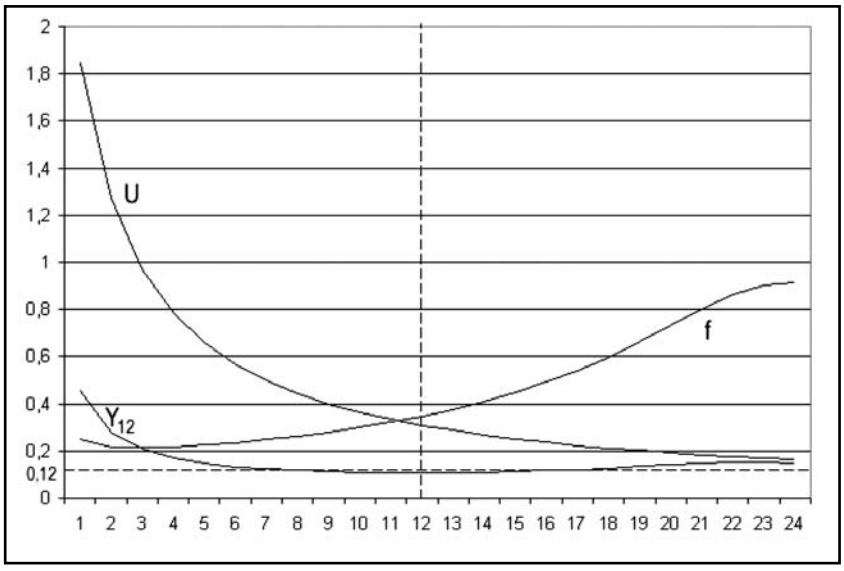
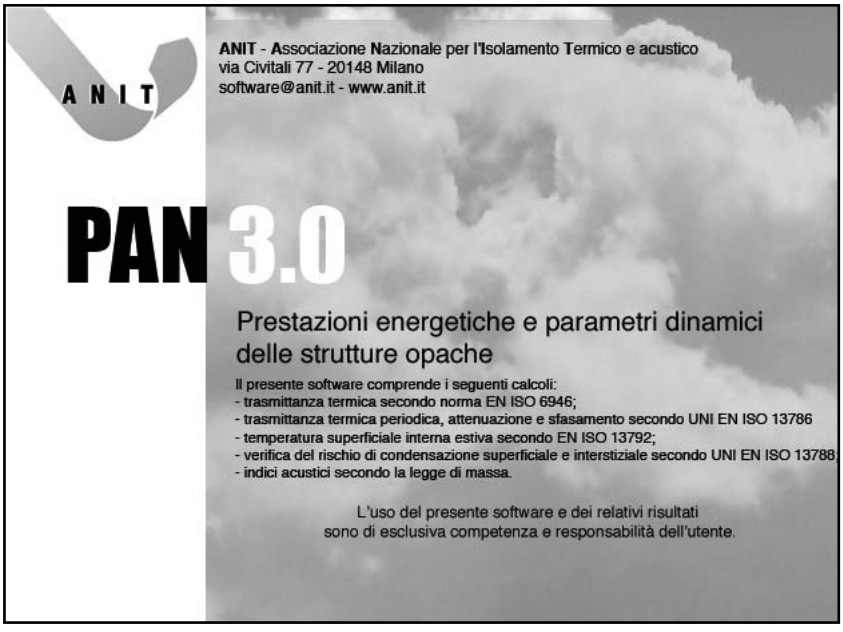


Figura 5

In **Figura 5** sono visualizzati i risultati per tali strutture al variare dello spessore dell'isolante e del calcestruzzo in modo che lo spessore totale sia sempre di 24 cm. Il minimo per la trasmittanza periodica è raggiunto per 12 cm di isolante, valori inferiori a 0.12 W/m²K per spessori compresi tra 8 e 16 cm. Invece l'attenuazione minima si ottiene con 3 cm di isolante, ma rimane accettabile fino a 10 cm di isolante su un totale di 24 in zona E ($f < 0.32$), fino a 4 cm in zona B ($f < 0.22$).
D'altra parte per ottenere una trasmittanza nei limiti del DLgs 311 occorrono almeno 8 cm di isolante in zona B ($U <$ 0.54 W/m²K) e 11 cm in zona E ($U <$ 0.37 W/m²K).
In conclusione, la trasmittanza periodica è un parametro complesso che dipende non solo dalle caratteristiche fisiche dei materiali, ma anche da come sono associati tra loro.
Materiali leggeri ma termicamente isolanti raggiungono buoni risultati di trasmittanza periodica, ma possono risultare meno efficaci nell'attenuazione dell'onda termica a meno che non abbiamo un elevato calore specifico. ■



** Tutti i calcoli del presente articolo sono stati effettuati con il software PAN 3, disponibile gratuitamente per i soci ANIT 2008 e acquistabile al prezzo di 100 euro + IVA.*
Maggiori info a pagina 72 oppure sul sito www.anit.it.

LA MISURA DELLA TRASMITTANZA IN OPERA

Approfondimento su alcuni aspetti della misura

di

Alessandro Panzeri

Introduzione

La misura della trasmittanza in opera U [W/m^{2}K] è descritta dalla norma ISO 9869; in essa è contenuta la descrizione delle caratteristiche termiche della strumentazione, gli accorgimenti necessari alla posa e i metodi possibili per la rielaborazione dei dati.

La misura riguarda propriamente la valutazione della conduttanza C [W/m^{2}K] dalla quale si ricava la trasmittanza con l'aggiunta delle resistenze liminari con i valori descritti nella norma UNI EN ISO 6946.

Nella prima parte è presentato un caso di studio di una misura che mostra la differenza tra il regime stazionario ipotizzato generalmente nei calcoli delle dispersioni energetiche invernali e il regime variabile che si verifica in opera. Emerge quindi la necessità di sviluppare le misure in adeguati periodi temporali per ottenere risultati affidabili, necessità prevista dalla ISO 9869.

In questo breve articolo vengono presentate considerazioni sulle incertezze delle valutazioni complessive che dipendono dalla strumentazione e dalle condizioni che si sviluppano al contorno.

La valutazione su un'altra misura realizzata spiega l'indicazione normativa di impiegare una piastra termoflussimetrica che consenta di misurare e registrare il flusso termico.

Si potrebbe pensare di compiere delle misure solo delle temperature superficiali e dell'aria e quindi di ricavare il flusso considerando costanti i coefficienti liminari; dal punto di vista fisico-tecnico l'approccio è corretto, ma si scontra con la variabilità in opera delle resistenze liminari.

Infine nella parte conclusiva sono riassunte alcune delle misure condotte durante le stagioni 2004-2008 che mostrano qualitativamente lo scarso isolamento del patrimonio edilizio e la conseguente opportunità di riqualificazione energetica sul territorio nazionale.

Il regime stazionario e il regime variabile

Per spiegare la necessità di compiere misure che tengano conto della non stazionarietà delle condizioni al contorno durante le misure di trasmittanza di strutture di edifici esistenti si presenta il caso significativo di una misura condotto per una parete di un edificio costruito nel 1982 a Milano. Le misure sono state condotte per 50 h (la norma di riferimento indica in realtà misure di almeno 72 h o più) con campionamento dei dati realizzato ogni 15 minuti per un totale di poco più di due giorni di misura.

I valori istantanei del flusso termico misurato e delle temperature superficiali, interne ed esterne, sono indicativi di una misura di buona qualità: il flusso termico areico è mediamente superiore a 6 W/m^2 e la differenza di temperatura è sempre maggiore di 10 °C. Tali condizioni portano a poter considerare i dati di buona qualità.

$$\varphi = C \cdot \Delta T \cdot A$$

da cui

$$\frac{C}{A} = \frac{\varphi}{\Delta T}$$

Il valore di conduttanza C della parete, valutato sulla base dei valori istantanei di flusso termico areico ϕ/A e differenza di temperatura ΔT portano a un'oscillazione di risultati che esprime una conduttanza della struttura oggetto di esame compresa tra 0.35 e 0.9 W/m^{2}K.

La parete è un doppio tavolato in mattoni forati. Tale elevata differenza tra i valori di conduttanza istantanea si manifesta tra pareti con 6-8 cm di materiale isolante e pareti non isolate.

La misura istantanea della trasmittanza non è quindi affidabile poiché le condizioni al contorno non rendono il regime stazionario. Il grafico evidenzia che a seconda dell'istante in cui si esegue la misura si ottengono

risultati che possono variare notevolmente.
La norma di riferimento per la misura della trasmittanza in opera descrive due tipologie di metodi rielaborativi possibili: il metodo delle medie progressive e i metodi matematici.
Il metodo delle medie progressive sé descritto dalla seguente equazione:

$$C = \frac{\int_0^t \varphi(t) \cdot dt}{\int_0^t \left[T_{pi}(t) - T_{pe}(t)\right] \cdot dt}$$

Lo scopo della rappresentazione grafica dei risultati che si ottengono con il metodo delle medie progressive è evidenziare il raggiungimento o meno dell'asintoto orizzontale che permette di verificare che il valore finale sia effettivamente rappresentativo del valore medio.

L'incertezza delle valutazioni

L'incertezza delle valutazioni finali sulla conduttanza delle strutture oggetto di indagine dipende dalla raffinatezza della strumentazione impiegata.
E' quindi necessario conoscere l'errore di misura relativo alla piastra termoflussimetrica, alle sonde di temperatura e all'acquisitore dati. A titolo di esempio si evidenziano le caratteristiche di una strumentazione disponibile sul mercato come indicato in **Tabella I**.
Sulla base delle equazioni che regolano la combinazione delle incertezze delle grandezze fisiche indipendenti è possibile valutare l'incertezza finale che oscilla intorno a un valore di 6% con buone differenze di temperatura e flussi termici consistenti.

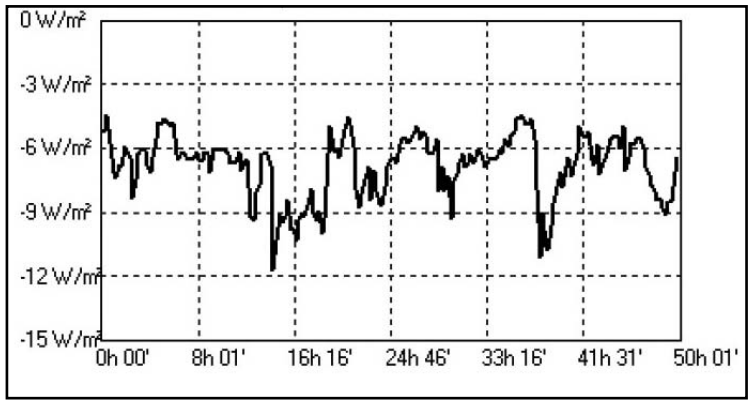


Figura 1 Flusso termico specifico

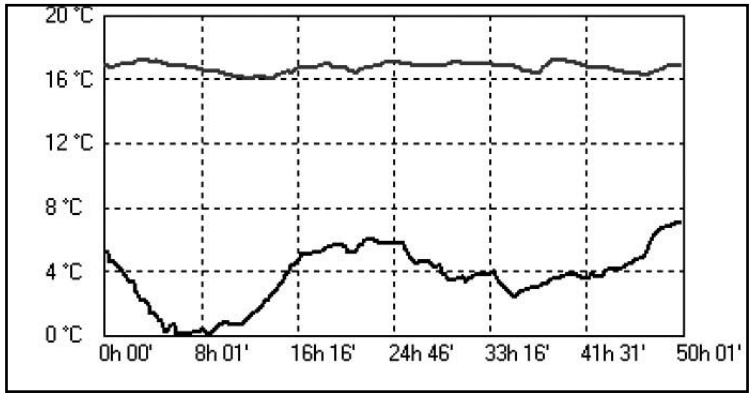


Figura 2 Temperature superficiali

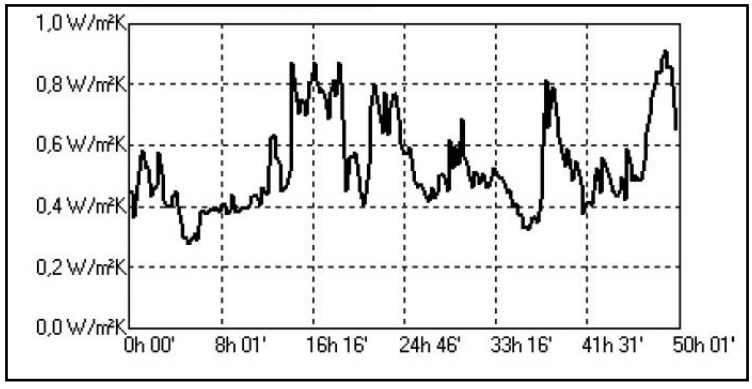


Figura 3 Conduttanza istantanea

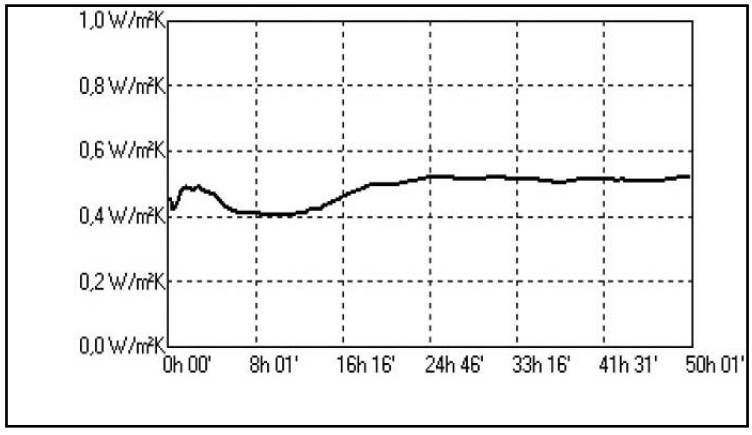


Figura 4 Conduttanza

STRUMENTO	INCERTEZZA
termocoppie T	± 0.75 %, ± 0.1 K
flusso	± 5 %
acquisitore	± 0.03%

Tabella I

Per ridurre incertezza a parità di strumentazione posso solo aumentare il valore dei dati misurati.

La variabilità dei coefficienti liminari interni

In alternativa alla valutazione della conduttanza con la strumentazione indicata dalla norma ISO 9869 è segnalata la possibilità di misurare la sola temperatura di aria e superficiale della parete. Tale approccio prevede la stima del valore dei coefficienti liminari. Se il flusso istantaneo è considerato costante, si può stimarlo misurando temperatura dell'aria T_a nei pressi della parete e temperatura superficiale interna della parete T_{si}. Ottenuto il valore del flusso si procede quindi secondo le stesse indicazione precedentemente dettate. L'ipotesi alla base di questa procedura è che il coefficiente liminare interno è mediamente lo stesso di quello di letteratura che viene ipotizzato per il calcolo delle parete; tale ipotesi è tutt'altro che verificabile in opera. A titolo di esempio non esaustivo si rimanda alle **Figure 5** e **6**, ai grafici di una misura compiuta su di una parete in opera.

Nel primo (**Figura 5**), sono riportati due curve che descrivono il flusso termico misurato con piastra termoflussimetrica e il flusso calcolato sulla base delle *Ta* e *Tsi*: è evidente che il risultato è differente istante per istante, ma più importante anche mediamente.

La valutazione della conduttanza porta quindi a due valori diversi con stesse misure e sulla stessa parete. Nel secondo grafico (**Figura 6**), è invece mostrata la differenza tra il coefficiente liminare calcolato sulla base delle misure realizzate e di quello medio da letteratura ipotizzato.

E' evidente che la corretta misura in opera deve essere eseguita in associazione alla piastra termoflussimetrica in accordo con la norma.

E' necessario posizionare la strumentazione in modo che la misura sia effettivamente rappresentativa della sezione corrente della struttura oggetto di indagine: devono essere evitati i ponti termici.

'la corretta misura in opera deve essere eseguita in associazione alla piastra termoflussimetrica'.

Alcune tipologie di ponti termici ricorrenti nella nostra tradizione costruttiva sono riconoscibili ed evitabili grazie all'esperienza del professionista: è il caso delle travi di bordo e dei cavedi oppure dei pilastri non isolati.

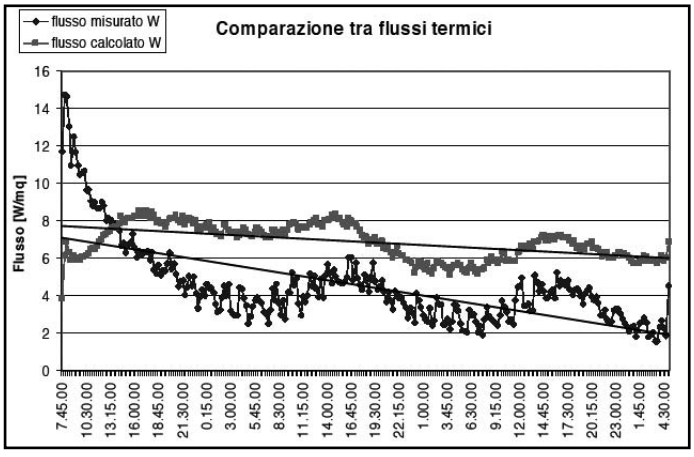


Figura 5

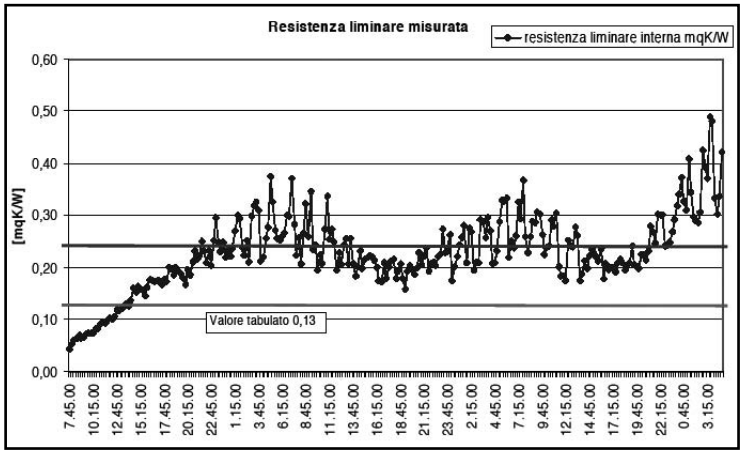
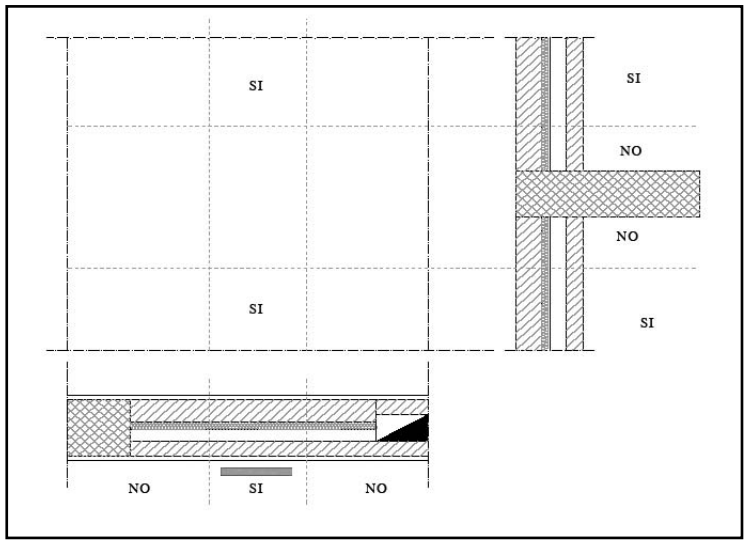
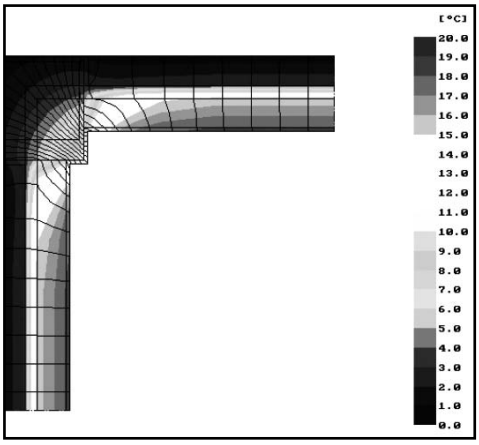


Figura 6





In alto a sinistra: immagine termografica di ponti termici.

In alto a destra: dove posizionare la strumentazione.

A lato: ponte termico di pilastro.

L'errato posizionamento infatti comporta la misura di valori non corretti del flusso termico e delle temperatura superficiali interne ed esterne, poichè in tali zone il flusso termico non è sensibilmente perpendicolare alle superfici.

Impiegando della strumentazione che consente la valutazione delle temperature superficiali per mezzo di sensori sensibili all'infrarosso (macchine termografiche o semplici misuratori di temperatura) è possibile avere delle immagini che consentano di valutare l'uniformità o meno della distribuzione della temperatura e quindi di valutare le presenza di ponti termici.

L'opportunità sul territorio nazionale

La tabella mostra alcune delle misure effettuate dal 2004, anno in cui ANIT ha sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Torino l'attività di misura della trasmittanza in opera, sino ad oggi su edifici di diversa natura: residenziali, scolastici e per uffici, ecc.
Le misure evidenziano un fatto già noto, la notevole opportunità che si presenta sul territorio nazionale rispetto a 26 milioni di alloggi energeticamente poco efficienti; molti di questi possono infatti essere occasione di riqualificazione energetica tanto più che con adeguati accorgimenti si può ridurre la trasmittanza delle strutture fino a 1/3 senza difficoltà tecnologiche.
Ulteriori informazioni sulla strumentazione per la diagnosi e certificazione energetica sono disponibili sul sito di Anit nella sezione "strumentazione" (**Tabella II**).

Conclusioni

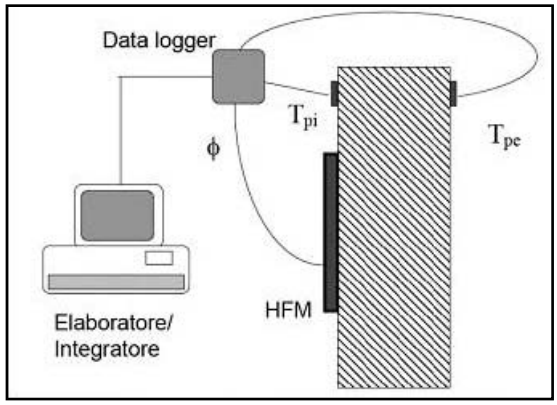
Da queste considerazioni emerge una chiara riflessione:

a) non si possono effettuare misure né istantanee né di breve durata (un giorno) che restituiscano risultati affidabili;

b) l'attività relativa alla misura della trasmittanza in opera richiede una certa competenza in merito alla fisica tecnica degli edifici sia per le scelta della strumentazione (necessità di impiegare la piastra termoflussimetrica in accordo con la norma ISO 9869) sia per l'applicazione corretta della strumentazione e della successiva elaborazione.

	STRUTTURA	TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	U [W/m^{2}K]
1920	Parete di villa monofamiliare Varese	Blocchi in calcestruzzo forato	1.57
Primi 1900	Parete di palazzo di 4 piani - Milano	Mattoni pieni di 55 cm	0.93
1967	Parete di palazzo di 3 piani - Torino	Doppio tavolato con mattoni forati faccia a vista non isolato	1.10
anni '60	Parete palazzina di 7 piani - Milano	Doppio tavolato non isolato di 45 cm	0.98
anni '70	Parete scuola materna di 2 piani - Milano	Doppio tavolato con mattoni forati non isolato di 30 cm	0.98
anni '80	Parete palazzina di 6 piani - Milano	Doppio tavolato con dell'isolante all'interno di 35 cm	0.52
anni '90	Parete villetta a schiera Cremona	Laterizio alveolato da 32 cm	0.77
2005	Parete di palazzina di 5 piani - Brescia	Doppio tavolato in mattoni forati con 6 cm di isolante	0.50
2007	Campione di parete leggera - Bolzano	Struttura leggera interamente isolata di 30 cm	0.23

Tabella II



Strumentazione per la misura in opera.
Termoflussimetro, acquisitore e sonde T.

ISOLAMENTO DAI RUMORI DI CALPESTIO

L'influenza della corretta posa degli zoccolini

di
Matteo Borghi

Com'è noto, una soluzione tecnologica che consente di isolare in maniera efficace i rumori di calpestio è il massetto galleggiante.
Tale soluzione consiste nel posizionare un adeguato materiale elastico tra il massetto di pavimento e le strutture adiacenti per limitare drasticamente la trasmissione di vibrazioni e quindi di rumori.
Il sistema però funziona correttamente solo se il massetto è completamente svincolato da tutte le strutture al contorno. Il materiale elastico quindi, posizionato sia sulla superficie orizzontale del massetto che sulle parti verticali a contatto con le pareti, dovrà costituire una vera e propria "vasca", continua e priva di rotture.
Come vedremo, è necessario prestare particolare attenzione anche a evitare eventuali collegamenti tra pavimentazione ed elementi di rivestimento a parete. In particolare le piastrelle a pavimento non dovranno entrare in contatto rigido con piastrelle in verticale o zoccolini.
L'assenza di uno o più di questi accorgimenti comporta un drastico peggioramento della prestazione di isolamento.
Il presente articolo espone i risultati di misurazioni fonometriche realizzate con lo scopo di valutare l'influenza negativa, per l'isolamento ai rumori da calpestio, del collegamento rigido tra rivestimento a pavimento e zoccolini.
La valutazione è stata eseguita realizzando rilievi fonometrici prima e dopo aver posato il rivestimento a parete.
I rilievi, effettuati presso alcuni ambienti abitativi di un edificio in costruzione a Milano, sono stati realizzati adottando le indicazioni riportate nella norma tecnica UNI EN ISO 140 parte 7 (*Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai*).

La prima struttura esaminata è un solaio divisorio tra le sale di ingresso di due appartamenti residenziali. Le due sale risultano identiche per dimensioni e forma e perfettamente sovrapposte tra loro.
Gli ambienti hanno le seguenti dimensioni geometriche: area 24,7 mq, perimetro 21 m, altezza 2,7 m, volume 66,7 m^3. Il solaio ha una struttura portante in laterocemento, uno strato rivestimento impianti in calcestruzzo alleggerito, uno strato di materiale elastico per l'isolamento ai rumori da calpestio (risvoltato anche in verticale), massetto in sabbia e cemento e rivestimento in piastrelle in ceramica.

Il primo rilievo, realizzato prima della posa dello zoccolino ceramico, ha fornito i risultati riportati in **Tabella 1**.

$$L'_{n,w}\ (C_I) = 62\ (-4)\ \mathbf{dB}$$

L'assenza dello zoccolino ha permesso di constatare che le piastrelle risultavano distaccate dalle pareti verticali e che, ad eccezione delle soglie di ingresso al locale, non vi erano collegamenti rigidi con altre strutture.
Successivamente, dopo circa 3 settimane dalla posa dello zoccolino ceramico, è stato eseguito un secondo rilievo.
Il rivestimento risultava rigidamente collegato con le piastrelle a pavimento (**Figura 1**).
La nuova misurazione ha fornito i seguenti risultati (**Tabella 2**):

$$L'_{n,w}\ (C_I) = 66\ (-6)\ \mathbf{dB}$$

Figura 1

La **Figura 3** rappresenta il confronto tra i due grafici.
La posa errata dello zoccolino ha determinato, per l'ambiente in esame, un incremento del livello di rumore da calpestio di 4 dB. Il grafico di confronto evidenzia un sensibile peggioramento della prestazione alle alte frequenze.
La seconda struttura esaminata è il solaio divisorio tra le camere da letto matrimoniali dei medesimi appartamenti. Il solaio ha la medesima stratigrafia dell'esempio precedente. Anche in questo caso gli ambienti risultano identici per dimensioni e forma oltre che sovrapposti tra loro. Le dimensioni geometriche delle camere sono: area 15 mq, perimetro 16,4 m, altezza 2,7 m, volume 40,5 mc.
Il primo rilievo ha fornito i seguenti risultati:

$$L'_{n,w}\,(C_I) = 63\ (-6)\ \mathbf{dB}$$

Il secondo rilievo, realizzato nelle medesime condizioni dell'esempio precedente ha determinato i seguenti risultati (**Tabella 3**):

$$L'_{n,w}\,(C_I) = 67\ (-8)\ \mathbf{dB}$$

La **Figura 4** rappresenta il confronto tra i due grafici.
Anche in questo caso la posa non corretta evidenzia un incremento del livello di rumore da calpestio di 4 dB e un sensibile peggioramento della prestazione in particolare alle alte frequenze.
Un'ultima struttura esaminata è il solaio divisorio tra camere da letto matrimoniali di altri appartamenti, adiacenti ai primi esaminati.
In questo caso i due ambienti, di forma rettangolare, risultano simili per dimensioni e forma e quasi completamente sovrapposti tra loro. L'ambiente soprastante ha area di 11,4 m^2, mentre l'ambiente al piano sotto ha superficie 10,1 m^2. I due locali coincidono quasi perfettamente uno sull'altro ad eccezione di un lato. Per l'esecuzione di questi rilievi la macchina da calpestio è stata posizionata unicamente sulla superficie comune.
La stratigrafia del solaio è identica alla precedente ad esclusione del rivestimento superficiale, in questo caso realizzato a parquet. Anche gli zoccolini, posati successivamente, risultavano in legno.
La prima misura, realizzata sul parquet non lamato, ha determinato i seguenti risultati:

$$L'_{n,w}\,(C_I) = 56\ (-2)\ \mathbf{dB}$$

Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	53,0
125	61,5
160	65,8
200	65,0
250	65,4
315	64,4
400	61,7
500	60,5
630	58,6
800	60,4
1000	59,2
1250	57,4
1600	55,8
2000	55,6
2500	55,8
3150	52,1
4000	
5000	

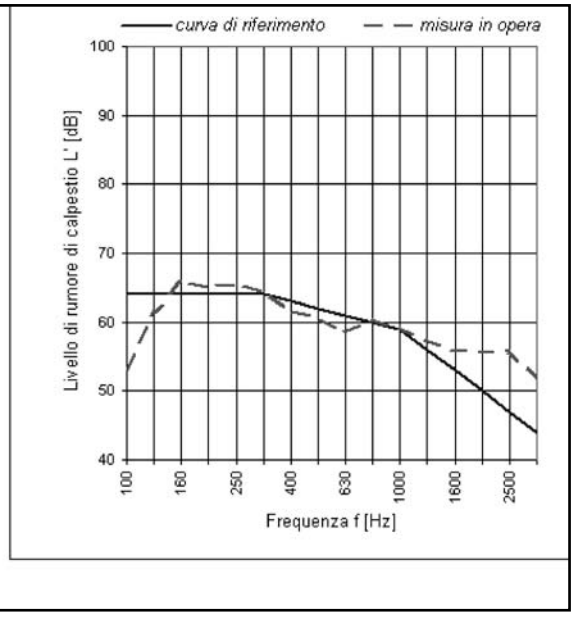


Tabella 1

Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	55,1
125	61,0
160	67,6
200	65,1
250	63,2
315	64,6
400	62,1
500	62,4
630	62,3
800	62,9
1000	62,1
1250	61,9
1600	60,7
2000	60,9
2500	60,7
3150	57,3
4000	
5000	

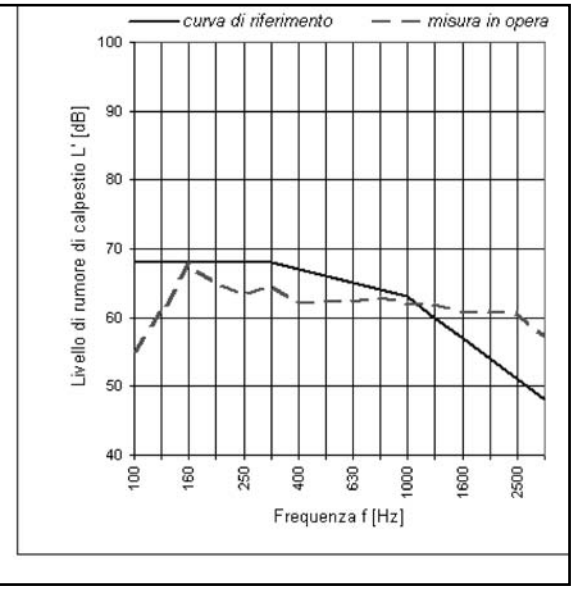


Tabella 2

Il secondo rilievo, eseguito sul parquet finito, ha fornito i dati seguenti (riassunti in **Tabella 4**):

$$L'_{n,w}\ (C_I) = 57\ (-3)\ \mathbf{dB}$$

La **Figura 5** riporta il confronto tra i due grafici.
Si nota come la posa di uno zoccolino in legno, di per sé già distaccato dal rivestimento a pavimento, non comporti sostanziali aumenti del livello di rumore da calpestio. L'incremento alle alte frequenze, in questo caso, può essere stato determinato anche dalla perfetta planarità della superficie nella seconda misura.

I rilievi mostrano ancora una volta come la corretta esecuzione di un massetto galleggiante non si limiti alla sola posa del "materiale isolante" a pavimento. Un errore nella posa degli elementi al contorno può determinare una forte perdita di prestazioni oltre al non raggiungimento dei limiti di isolamento imposti per legge (DPCM 5-12-1997).

La corretta posa dell'intero sistema costruttivo richiede quindi di prevedere attenti controlli in cantiere per differenti fasi della costruzione. Si evidenzia infine che sul sito **www.anit.it** (sezione Documenti e Leggi – Acustica) è possibile scaricare gratuitamente un manuale di corretta posa in opera dei massetti galleggianti realizzato dal Gruppo di lavoro di Acustica di ANIT.

Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	56,8
125	58,7
160	62,7
200	62,8
250	62,9
315	63,3
400	63,2
500	60,3
630	59,4
800	58,1
1000	59,2
1250	59,4
1600	59,1
2000	58,9
2500	56,4
3150	52,2
4000	
5000	

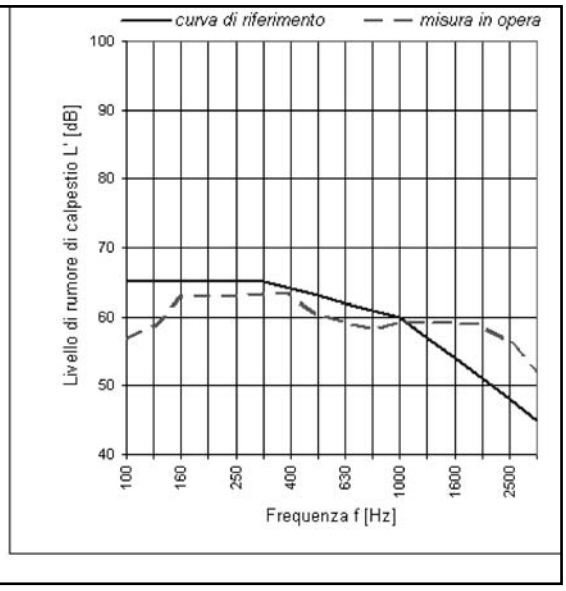


Tabella 3

Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	57,3
125	59,8
160	59,8
200	59,8
250	61,4
315	57,9
400	58,3
500	58,4
630	57,9
800	55,6
1000	54,8
1250	54,6
1600	50,3
2000	48,3
2500	45,7
3150	38,6
4000	
5000	

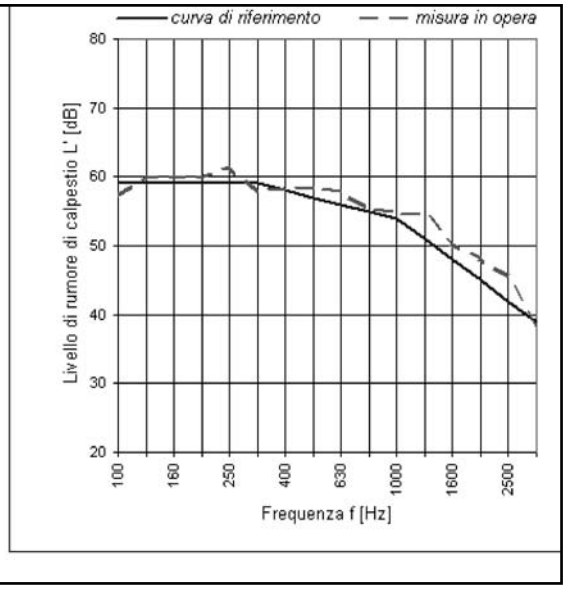


Tabella 4

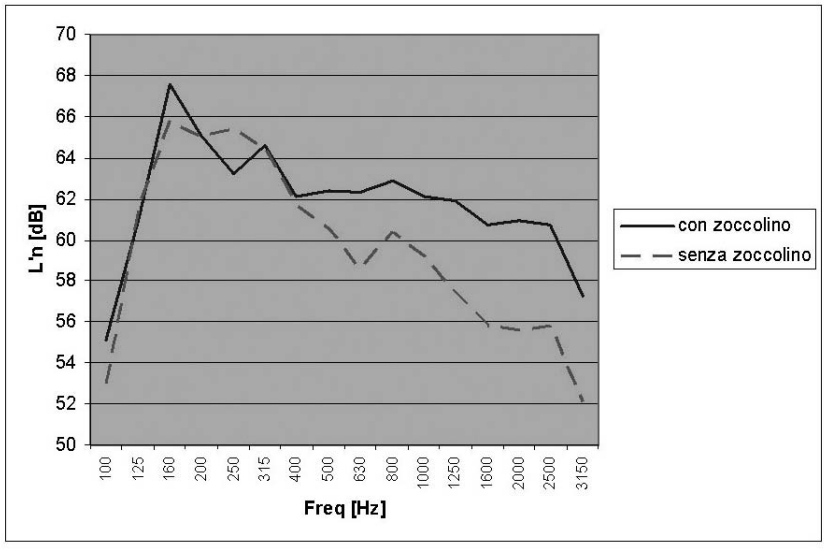


Figura 2

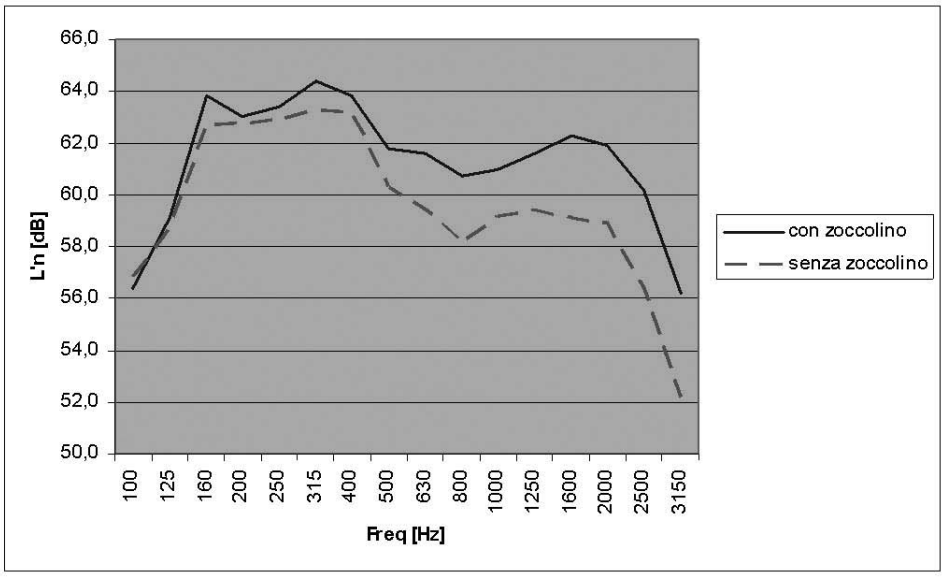


Figura 3

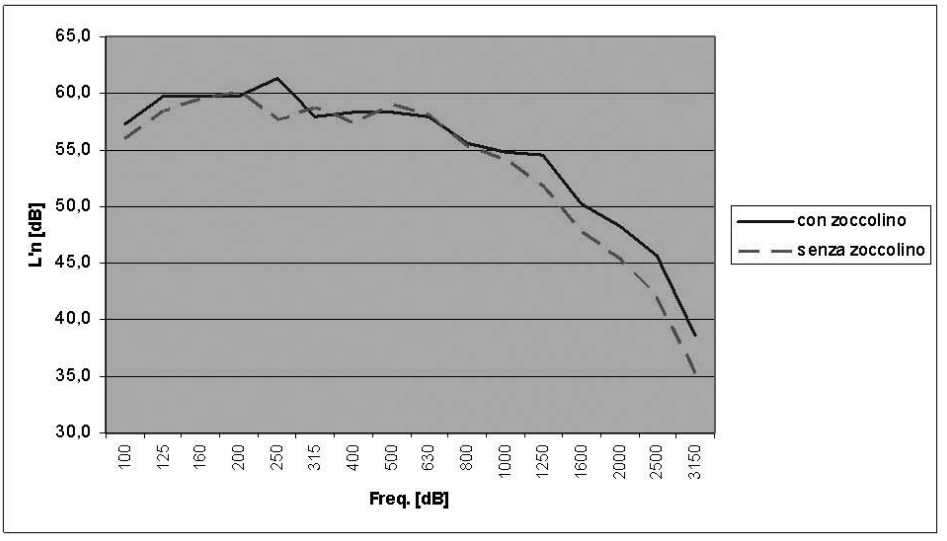


Figura 4

A lato.

Sintesi della CORRELAZIONE DEI REQUISITI di risparmio energetico e acustica a cura di ANIT e in distribuzione gratuitamente ai partecipanti dei convegni, dei corsi, e degli incontri tecnici di aggiornamento ANIT.

La dispensa contiene una pratica guida alla consultazione del Decreto 5-12-97 per la determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

CASAKYOTO IN 10 MOSSE

parte seconda

La ventilazione meccanica controllata

L'impianto di ventilazione meccanica controllata all'interno del progetto Casa Kyoto gioca un ruolo fondamentale sia nel periodo di riscaldamento, sia nel periodo estivo.

Nel periodo invernale, con un involucro altamente efficiente, aumenta l'incidenza sul bilancio energetico della componente legata ai ricambi d'aria dell'edificio; per tale motivo è necessaria l'adozione di un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore. Si noti che tale impianto risulta essere comunque già indispensabile al fine di garantire il corretto ricambio d'aria all'interno degli ambienti; infatti le sempre migliori prestazioni di tenuta all'aria dei serramenti determinano un basso tasso di infiltrazione che lascia completamente nelle mani dell'utenza il ricambio episodico d'aria degli ambienti. In particolare l'impianto di ventilazione adottato è del tipo a doppio flusso dotato di un recuperatore di calore a flussi incrociati senza miscelazione di aria con una efficienza di scambio termico pari circa al 90%. A questo punto, disponendo già di un impianto che distribuisce un fluido termovettore (aria) all'interno degli ambienti da climatizzare e dati i ridottissimi contenuti carichi termici degli ambienti che è possibile pensare di coprire il fabbisogno energetico invernale riscaldando direttamente l'aria mediante l'ausilio di resistenze elettriche. Questo consente di non dover installare un ulteriore sistema di riscaldamento, riducendo sensibilmente i costi e la complessità di impianto.

Ciò consente di avere un impianto di semplice utilizzo e altamente adattabile ai casi di riqualificazione energetica degli edifici presenti all'interno del patrimonio edilizio italiano. Pensiamo ad esempio a impianti preesistenti a radiatori o al problema dei pavimenti e della quota interpiano.

Per quanto riguarda la regolazione dell'impianto è lasciata una notevole libertà d'azione all'utente seguendo l'approccio adattativo di comfort; in tale approccio gli occupanti di un ambiente giocano un ruolo attivo nel creare le proprie preferenze termiche, attraverso il modo in cui interagiscono con l'ambiente, intervengono nel controllo climatico, modifica il loro comportamento o gradualmente adattano le proprie aspettative al contesto in cui si trovano. Ad ogni piano è prevista una resistenza elettrica comandata da un termostato posizionato in un locale neutro (disimpegno) del piano stesso.

Le potenze di picco dei tre piani sono riportate in **Tabella 1**.

ZONA	P_T
Piano terra	1311 W
Piano primo	838 W
Piano copertura	1031 W
TOTALE	3179 W

Tabella 1

L'utente può agire ad ogni piano con facilità sia sull'accensione / spegnimento delle resistenze elettriche, sia sulla velocità del ventilatore in modo da creare le condizioni di comfort che meglio preferisce.

La scelta di adottare una regolazione per zona e non per singolo locale è stata effettuata per i seguenti motivi:

- non ci sono sbilanciamenti eccessivi di apporti solari tra i locali ad esposizione prevalente nord e quelli ad esposizione prevalente sud; tali sbilanciamenti sono valutati con il soft-

ware di simulazione dinamica TRNSYS e i risultati ottenuti sono quelli riportati in Figura 1; in essa è possibile notare che la differenza di temperatura operante tra i locali ad esposizione prevalente sud e quelli a nord risulta, nella maggior parte del periodo invernale (ottobre-aprile), contenuta al di sotto di 1°C.

- la regolazione per singolo ambiente avrebbe comportato una eccessiva complessità di impianto che non era giustificata per la destinazione d'uso dell'edificio.

Nel periodo estivo l'impianto di ventilazione deve garantire il ricambio d'aria nelle ore diurne quando le finestre rimangono chiuse; la portata di ingresso dell'aria e sempre di 0,35 vol/h è lo scambiatore di calore viene bypassato quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore di 26°C.

Le condizioni di comfort termico estivo vengono ottenute mediante ventilazione naturale notturna; il modello di comfort, come detto in precedenza, è quello adattativo previsto dal rapporto ASTM 55-2004 che utilizzando i dati climatici di Milano Malpensa porta ad avere le temperature di comfort riportate in **Tabella 2**.

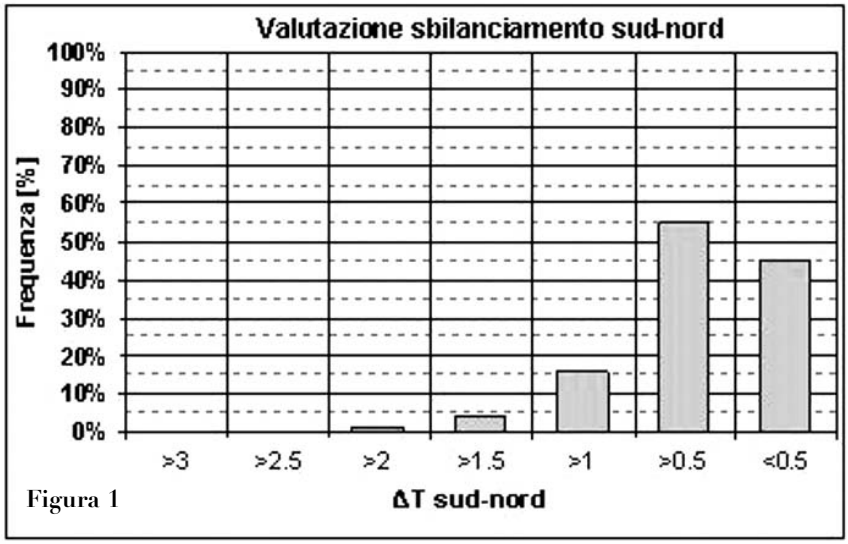


Figura 1

La temperatura di comfort è ottenuta dalla seguente formula:

$$T_{comf} = 0{,}31 \times T_{ae} + 17{,}1\ °C$$

dove la T_{ae} è la temperatura media mensile.

Il range di comfort è calcolato a partire dalla temperatura di comfort con una tolleranza di:

+/- 2,5°C per garantire una percentuale di persone soddisfatte del 90%;

+/- 3,5°C per garantire una percentuale di persone soddisfatte dell'80%.

MESE	Tae	Tcomf
	[°C]	[°C]
Mag	15.7	22.7
Giu	19.2	23.7
Lug	22.5	24.8
Ago	21.4	24.4
Set	18.1	23.4

Tabella 2

Edifici residenziali			
Giorni	**Ore**	**Soggiorno più cucina** $\Phi_{i,\,occ} + \Phi_{i,\,app}$ W/m²	**Altri ambienti** (es. camere da letto) $(\Phi_{i,\,occ} + \Phi_{i,\,app}) / A_{pav}$ W/m²
Lun-ven	07-17	8.0	1.0
	17-23	20.0	1.0
	23-07	2.0	6.0
	media	9.0	2.0
sab-dom	07-17	8.0	2.0
	17-23	20.0	4.0
	23-07	2.0	6.0
	media	9.0	2.83
media		9.0	3.0
Apav – area netta del pavimento			

Tabella 3

La verifica del rispetto delle condizioni di comfort è condotta con il software TRNSYS suddividendo l'edificio in tre zone (tre piani), ipotizzando gli apporti interni previsti dalla norma UNI 10375 (vedi Tab.3).
Per quanto riguarda la ventilazione sono adottati i seguenti ricambi d'aria:
0,35 vol/h garantiti dall'impianto di ventilazione meccanica, fino a quando la temperatura interna degli ambienti si mantiene al di sotto dei 24°C;
7,50 vol/h ipotizzati, con riferimento alla norma UNI 10375, nel caso di ventilazione naturale dovuta a finestre contrapposte (**Tabella 4**).
Le considerazioni che seguono sono riferite al piano copertura (vedi **Figura 2**) che risulta essere maggiormente critico dal punto di vista del surriscaldamento estivo.
Come è possibile notare dalla **Tabella 4** le condizioni di comfort estive sono rispettate nella maggior parte del periodo estivo; in particolare dalla **Tabella 4**, si nota come il comfort termico sia garantito nel:

- 89% a Giugno
- 82% a Luglio
- 87% ad Agosto
- 93% a Settembre

Una rappresentazione grafica di quanto detto sopra è riportata nei **grafici 3 e 4.**
Dato che la percentuale di ore di comfort e sempre superiore all'80% è possibile ritenere accettabile il comportamento estivo dell'edificio che dunque non necessita di alcun impianto di climatizzazione estiva.
Tale era l'obiettivo che ci si prefiggeva. Infatti la sola presenza di un impianto di climatizzazione finisce con il provocare eccessivi consumi elettrici per l'inevitabile adattabilità dell'utenza a condizioni di discomfort discontinue.
Per maggiore completezza dell'informazione bisogna dire che "Casakyoto" è anche un laboratorio di sperimentazione dal vivo e quindi è stato predisposto un sistema impiantistico flessibile dove di fatto sarà possibile speri-

	Giu	Lug	Ago	Sett
Tcomf - 2.5	21.24	22.27	21.94	20.92
Tcomf + 2.5	26.24	22.7	26.94	25.92
< Tcomf - 2.5	0%	1%	0%	0%
comfort	89%	82%	87%	93%
> Tcomf + 2.5	11%	17%	13%	7%
Tmin	21.22	23.4	21.55	20.85
Tmax	28.61	30.13	31.18	27.97

Tabella 4

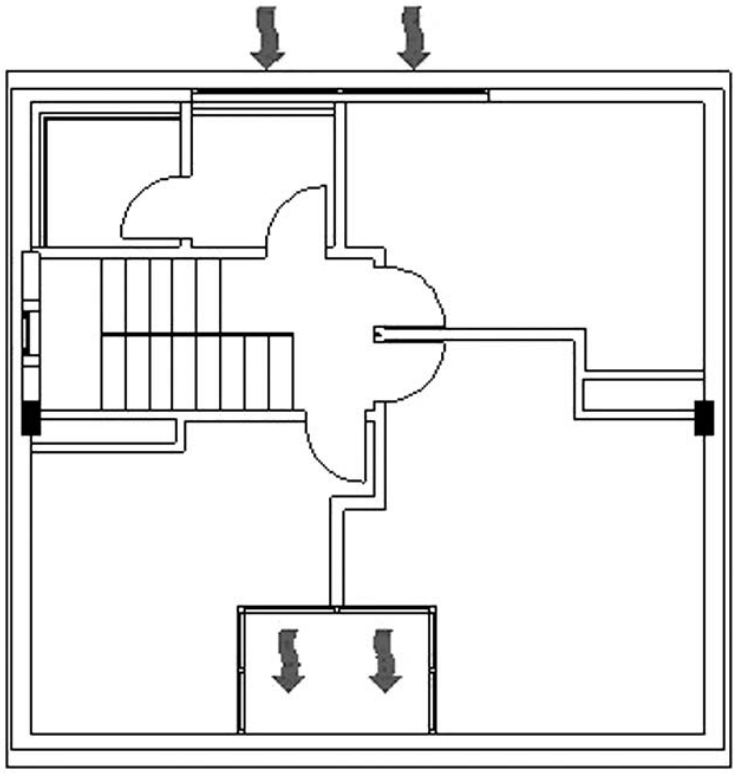


Figura 2

mentare anche soluzioni di raffrescamento (e riscaldamento) differenti, come ad esempio l'impiego di pompe di calore di vario tipo, geotermia, ecc.

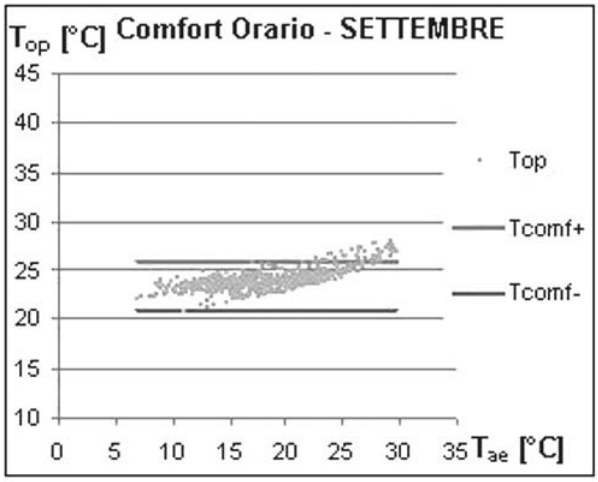
Impianto solare termico

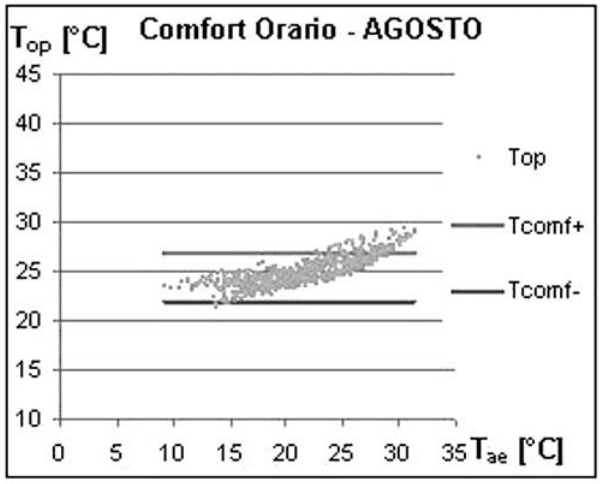
L'impianto solare termico nel progetto Casa Kyoto è asservito unicamente alla produzione di acqua calda sanitaria; esso è costituito da:
- n° 3 collettori a tubi sottovuoto di superficie totale 9,66 m^2 (coefficiente di perdita ottica=0,718, coefficiente di perdita termica di I° ordine= 0,974 W/m^2K, coefficiente di perdita termica di II° ordine= 0,005 W/m^2K^2);
- un serbatoio di accumulo di capacità pari a 750 litri con resistenza elettrica ausiliaria di 1kW di potenza.

La simulazione del comportamento dell'impianto è condotta mediante l'utilizzo del software *Tsol*.
Da essa è ottenuta la copertura annuale del fabbisogno per la produzione di acqua calda sanitaria riportata in **Figura** 3.
La quota globale di copertura del fabbisogno di ACS è pari all'81,3% è l'energia fornita dalla resistenza elettrica ausiliaria è pari a 844 kWh/anno.

Impianto fotovoltaico

Nella falda con orientamento sud-ovest sono previsti circa 34 m^2 di moduli fotovoltaici in silicio monocristallino con una efficienza del 16,1%.
Tale impianto è connesso alla rete elettrica nazionale in regime di scambio sul posto; la sua produttività annua prevista è di circa 4950 kWh/anno.
Questa produttività garantisce la copertura lungo l'anno dei consumi di energia elettrica necessaria a:
- riscaldamento elettrico;
- ausiliare elettrico del bollitore per la produzione di acqua calda sanitaria;





Grafici 3 e 4

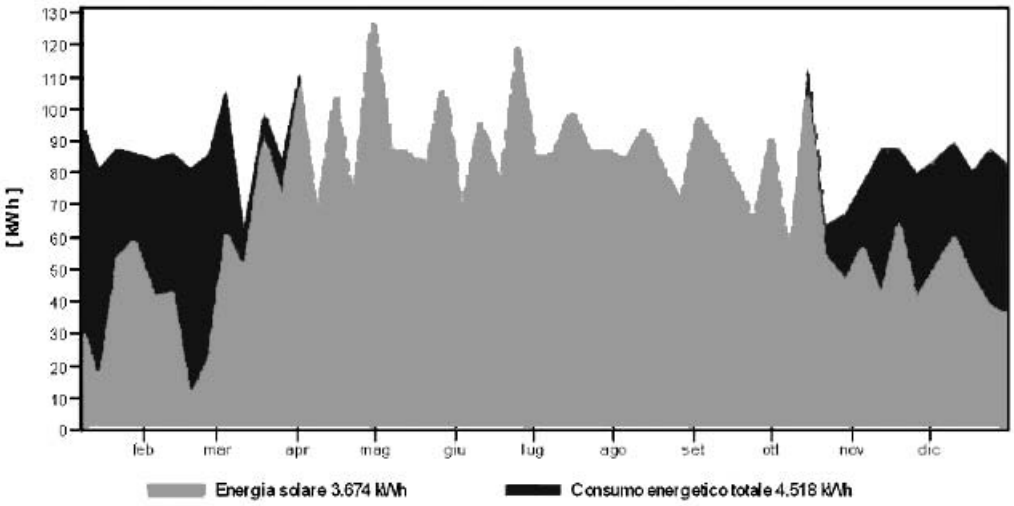


Figura 3

- ventilatori dell'impianto di ventilazione.
Tale copertura è riportata in **Figura 4**.

Pompa di calore

Come detto al punto riguardante la ventilazione meccanica controllata, il riscaldamento dell'aria avviene totalmente con le resistenze elettriche previste ai vari piani.
Tuttavia è stata predisposta anche una batteria idraulica di preriscaldamento, a valle dell'unità ventilante, servita da una pompa di calore geotermica che verrà installata in una fase successiva della sperimentazione.
La pompa di calore è del tipo ad espansione diretta; in pratica un fluido frigorifero inserito nella captazione orizzontale sotto il giardino che funge da evaporatore e un circuito idraulico interno alla casa per la diffusione del calore.
Il calore viene dunque prelevato dal suolo per mezzo di una rete di sensori in rame, rivestiti in polietilene, a forma di serpentina, interrati nel giardino ad una profondità di circa 60 cm, su una superficie di circa 90 m^2. Tale pompa di calore ha il compito di pre-riscaldare l'aria portando ad utilizzare le resistenze elettriche esclusivamente nelle condizioni di picco solo se ritenuto necessario dall'utenza.
In questo modo è possibile utilizzare la pompa di calore al massimo della sue potenzialità con una temperatura di mandata pari a circa 35°C; questo porta ad avere un COP medio pari a 4,09.

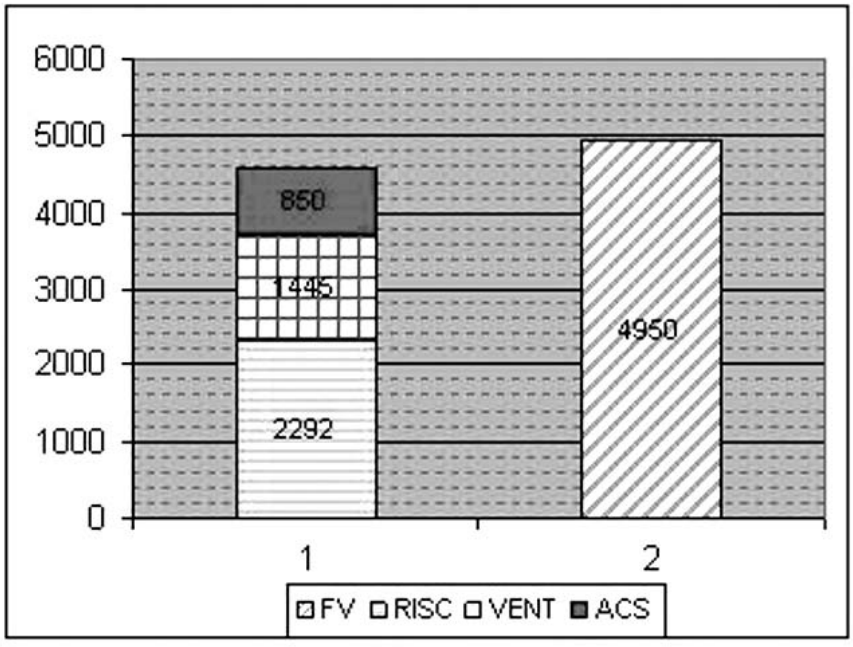


Figura 4

Domotica

La domotica rappresenta un ulteriore valore aggiunto nel progetto Casakyoto, in quanto consente di disporre di un sistema "intelligente" che garantisce l'ottimizzazione dell'utilizzo e della gestione degli impianti presenti. In particolare per il risparmio energetico sono state adottate i seguenti accorgimenti:

- IMPIANTO DI RISCALDAMENTO-VENTILAZIONE:
E' prevista per ogni piano una pulsantiera a 4 canali in grado di agire sulla velocità del ventilatore; da essa è possibile anche spegnere completamente l'impianto (ventilatore + resistenza elettriche).Questo facilità molto l'utilizzo dell'impianto è consente all'utente di regolare la temperatura ambiente in base alle sue aspettative. Infatti come detto in precedenza noi pensiamo di ridurre al minimo l'automazione nella regolazione dell'impianto di riscaldamento credendo fortemente nell'approccio del benessere adattativi;

- IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE:
Sono previsti nei locali di passaggio, come scale e disimpegni e scale, dei sensori di movimento che attivano in automatico le rispettive luci. Inoltre nel locale soggiorno, posizionato al piano terra, sono state previste delle luci dotate di dimer; questo dispositivo, accoppiato ad un rilevatore di illuminamento, consente di regolare in automatico il flusso luminoso in uscita dalle lampade in funzione del illuminamento naturale garantito delle finestre. Questi semplici accorgimenti consentono di rendere l'impianto di illuminazione altamente efficiente evitando sprechi dovuti a dimenticanze.

- SCHERMATURE SOLARI LOGGIA AL PIANO COPERTURA:
E' prevista una tenda motorizzata regolata da un sensore di irradiazione solare che consente di ottimizzare la schermatura del piano copertura evitando problemi di surriscaldamento estivo.

Casakyoto in 10 mosse, dall'edificio esistente alla casa efficiente.

Sul nostro territorio nazionale è presente un'opportunità notevole di contribuire alla riduzione di emissioni di CO_2, operando sugli edifici esistenti.

Lo spirito di Casakyoto è contribuire alla riduzione di emissioni attraverso una o più soluzioni tecniche dei partner sul sistema edificio-impianto del nostro patrimonio esistente tenendo bene a mente che lo scopo degli edifici è garantire il comfort agli utenti e non avere un basso consumo.

Le soluzioni presentate sono state realizzate presso l'edificio prototipo di **Casakyoto**ᵠ a Gavirate (VA).

Il prototipo è visitabile e sono stati predisposti corsi di aggiornamento professionali che vedranno coinvolti i professionisti della diagnosi e certificazione energetica.

Per ulteriori informazioni è possibile visitare

www.casakyoto.eu

A lato: operatori **Casakyoto**ᵠ al lavoro.
In basso: vista del prototipo Casakyotoᵠ a Gavirate (VA).

CLIMA E PETROLIO

Siamo agli sgoccioli?

di

Luca Lombroso

Il processo di riscaldamento globale è inequivocabile e *molto probabilmente* la causa è nelle attività umane. La conseguenza è un processo di cambiamento climatico che ha ripercussioni diverse, ma quasi sempre negative, su tutti gli ecosistemi ma anche e soprattutto sull'uomo e sulle sue attività, incluse quelle economiche, sociali, e di vita quotidiana. Naturalmente il discorso è assai più lungo e complesso, ma per un approfondimento rimando a quanto già abbiamo visto insieme in EUBIOS n.22 (a pag.55), nell'articolo *Cambiamenti climatici: è il momento di agire.* E a proposito di agire, sempre in Eubios, nel n.23 (a pag.12), abbiamo parlato del come e perché agire a proposito del piano cosiddetto "Europa 20 20 20 2020". La ragione, val la pena di ricordarlo, è che l'Unione Europea ritiene che se il processo di riscaldamento supera i 2°C rispetto all'era preindustriale il cambiamento assumerebbe, per il nostro continente, proporzioni catastrofiche. Ricordo peraltro che un grado ce lo siamo già mangiato, essendosi il nostro pianeta riscaldato di 0.74°C negli ultimi 100 anni e che queste previsioni, o meglio scenari, non vanno viste come "catastrofiste", o "allarmiste" ma come prevenzione, come "briefing di sicurezza per il pianeta Terra". Nel piano "20 20 20 2020" l'UE ritiene necessario ridurre le emissioni del 20% attraverso un 20% di ulteriore ricorso a fonti rinnovabili e un 20% di risparmio energetico, il tutto da attuare entro il 2020, vale a dire, visto il ritardo che abbiamo soprattutto in Italia al proposito, praticamente domani. Ma c'è un'altra valida ragione per risparmiare energia ed è nell'energia stessa e soprattutto nel principale "alimento" della vorace società moderna, che pure tante cose buone ha comunque portato: il petrolio ed il gas naturale. Ricordo vagamente in proposito una notizia che si rincorreva nei telegiornali degli anni 1970 "**nel 2000 finirà il petrolio**". Questa notizia mi è rimasta impressa come una previsione sbagliata fino a pochi anni fa, quando dopo la lettura di alcuni libri mi sono associato ad ASPO Italia (www.aspoitalia.net) sezione Italiana dell'Associazione Internazionale di studio del picco del petrolio e del gas naturale fondata dal geologo di origine tedesca Colin Campbell. Questa notizia è un classico esempio di disinformazione, non so quanto voluta o involontaria, giornalistica. La notizia, presa così, è catastrofista e sicuramente sbagliata. Ma il fatto su cui si basava è diverso e sicuramente reale, pur con le dovute precisazioni.

La notizia vera doveva essere titolata, più, o meno, così: ***"attorno al 2000 il petrolio raggiungerà il picco di produzione*** oppure ***dopo il 2000 il petrolio inizierà il suo declino e progressivamente non basterà più"***.

Il "picco di Hubbert"

Entrando un po' più nel dettaglio, negli anni 1970, vi fu la prima grave crisi energetica planetaria, che possiamo considerare un po' la "prova generale" del futuro prossimo venturo. La causa scatenante fu, indirettamente, dovuta proprio al raggiungimento del **picco di produzione** (http://it.wikipedia.org/wiki/Picco_di_Hubbert), della produzione petrolifera interna degli Stati Uniti, avvenuta attorno al 1971 esattamente come pronosticato, fra lo scetticismo generale, dal geologo Marion King Hubbert (http://it.wikipedia.org/wiki/Marion_King_Hubbert), geofisico statunitense dei laboratori di ricerca della compagnia petrolifera Shell Oil Company (Houston, Texas – USA).

M.K.Hubbert formulò un modello matematico relativamente semplice per stimare l'evoluzione della produzione petrolifera secondo il quale la produzione di un giacimento, ma anche, più in generale, di una nazione o perfino dell'intero

globo segue una curva a campana simile ad una curva gaussiana, ovvero la produzione cresce inizialmente dolcemente, poi più velocemente, rispondendo facilmente alla domanda di produzione, quindi raggiunge un picco con una zona piatta e quindi inizia un inesorabile declino, non improvviso come se si chiudesse un rubinetto, ma comunque via via più veloce e inesorabilmente la produzione scende al punto che, anche se non esaurito, di fatto non conviene più estrarre niente dal giacimento. La teoria si basava sull'analisi dell'andamento della produzione di carbone della Pennsylvania, opportunamente corretta con una trattazione matematica.

In base alla sua teoria Hubbert cercò di prevedere il futuro della produzione dei 48 stati continentali degli USA. Eravamo nel 1956 e la sua stima indicava che agli inizi degli anni 70, gli USA avrebbero raggiunto il loro "picco di produzione" petrolifera. La previsione fu presa negli ambienti scientifici ed economici con scetticismo fino a quando appunto nei primi anni 70 effettivamente i 48 stati continentali USA raggiunsero il loro picco di produzione, innescando indirettamente le crisi petrolifere del 1973 e del 1979.

Ora viene da chiedersi: perché la produzione segue questa curva e ci sarà, e quando, un picco globale e soprattutto con quali conseguenze? Nessuna di queste domande è di facile risposta, anzitutto, il *picco di produzione* non avviene solo per il petrolio ma per quasi tutti i minerali e anche, se sovrasfruttate, per alcune fonti teoricamente rinnovabili come il pesce (famoso il caso dell'olio di balena, crf.Ugo Bardi, in *La fine del petrolio*). I motivi sono diversi: di ordine economico e di ordine geologico, e soprattutto energetico: oltre un certo limite infatti una risorsa mineraria non è più conveniente sfruttarla; nel caso del petrolio, si arriva insomma a un punto in cui si userebbe più energia per estrarlo che quanta ne viene resa dal suo uso. Più in dettaglio questo fatto non è altro che il concetto di EROEI, (o EROI), acronimo inglese che sta per Energy Returned On Energy Invested (o Energy Return On Investment) ovvero energia ricavata su energia consumata; matematicamente è il rapporto tra l'energia ricavata e tutta l'energia spesa per arrivare al suo ottenimento. Una fonte di energia è conveniente se presenta un valore di EROEI maggiore di 1.

"Peak Oil non significa "fine del petrolio" in senso stretto, ma progressivo ed inesorabile calo della produzione per mere ragioni geologiche, economiche ed energetiche. Ovvero, è la *fine del petrolio facile, economico*".

A questo punto viene spontaneo chiedersi: se gli USA hanno raggiunto il loro picco di produzione negli anni 1970, qual è la situazione mondiale? Hubbert si pose la domanda, e stimò un picco di produzione globale attorno al 2000, da qui la previsione "millenaristica" dei giornali, subito presa per catastrofista dal mondo economico-finanziario e politico, ma come è facile intuire dall'impennata dei prezzi la previsione di Hubbert fu veramente lungimirante. In Figura 1 possiamo infatti vedere come si è evoluta nel tempo la scoperta e l'uso del petrolio, nonché le proiezioni future della produzione.

Il mondo sta viaggiando a "debito petrolifero" fin dagli anni 1980, nonostante gli enormi investimenti in ricerca di nuovi giacimenti.

Insomma, consumiamo più petrolio di quanto ne scopriamo: e ne consumiamo tanto: circa 84 milioni di barili al giorno nel mondo, 1,7 milioni di barili/giorni sono usati in Italia, 20.6 milioni di barili/giorni negli USA (dati US Energy Information Administration 2006); interessante poi notare che la Francia ne consuma 1.9 milioni di barili/giorno, più dell'Italia, nonostante sia un paese che per la produzione elettrica usa molto nucleare. Insomma, il nucleare, come è chiaro, non toglie dipendenza dal petrolio.

Mentre scrivo questa fra, 1 secondo, 1000 barili se ne vanno in fumo e qualche goccia serve pure a scrivere questo articolo, un'altra piccola parte per gli inchiostri di stampante, rivista stessa che leggete, per la produzione e trasporto di carta…e via dicendo.

Insomma, anticipiamo già che il petrolio non è solo benzina o gasolio per viaggiare, scaldarci e azionare centrali, ma la nostra stessa civiltà, in quanto si trova in oltre 500000 prodotti di uso quotidiano, inclusi molti isolanti termoacustici. E i consumi sono veramente giganteschi: ogni anno nel mondo se ne vanno 30 miliardi di barili, 1000 miliardi circa si sono già consumati dal XIX secolo a oggi, ne restano circa, secondo le stime più attendibili, un altro migliaio di miliardi, ovvero se la produzione rispondesse alla domanda per circa 40 anni.

Ma le cose sono più complicate e subdole: da un lato la domanda

cresce, dall'altro oggi si consumano 4 barili per ogni barile scoperto, e nel 2030 il rapporto sarà di 15 consumati e uno solo scoperto. Di conseguenza il calo della produzione è facilmente intuibile, e il grafico di Figura 2 rende evidente il processo del picco, i pozzi sono ormai spremuti come arance nello spremi agrumi e più di tanto non possono dare. Il declino è innegabile che ci sarà: la domanda è: quando inizierà? Sempre dal grafico vediamo che il *peak oil* è collocato attorno al 2005-2010, ovvero, sostanzialmente, siamo esattamente sopra al picco. Agenzie più "ottimistiche" prevedono il picco del petrolio nel 2020, altri enti e soprattutto l'economia non ne vuol sentire parlare o non lo prende in considerazione perché "tanto ci pensa la tecnologia". Ma la tecnologia richiede tempo, anche fosse il 2020, e comunque le stime più recenti confermano che siamo proprio sopra al picco o lo abbiamo passato da pochi anni (K.Deffeyes per esempio pone simbolicamente il picco del petrolio il giorno del Ringraziamento 2005, Thanking Day, ovvero il 16 dicembre 2005.

Se le cose stanno così, fra pochi anni vedremo i primi sintomi della discesa di produzione e nel 2020 anziché i 115 milioni di barili al giorno richiesti dall'economia ne estrarremo solo 55-60 milioni di barili.

Il primo sintomo c'è già: il prezzo. Mentre scrivo, 9 maggio 2007 ore 14, 125.70$/barile per il petrolio WTI al Nymex di New York. Di petrolio infatti ne esistono diversi tipi: il picco di cui stiamo parlando è quello del petrolio convenzionale, più facile, economico e relativamente meno inquinante rispetto ai petroli pesanti, a quelli di pozzi molto profondi e quelli polari, per non parlare delle inquinanti e scarsamente efficienti per l'estrazione sabbie bituminose. Anche questi petroli però sono destinati a raggiungere il loro picco entro pochi anni. Dicevamo il prezzo: ormai è il massimo storico assoluto, ben oltre il valore attualizzato equivalente a 100$/barile di oggi della crisi del 1979 (conseguente fra l'altro il raggiungimento del picco interno dell'IRAN). Nessuno, nemmeno i più "catastrofisti" fra scienziati, esperti e ambientalisti, pensava oggi al petrolio così caro: l'aumento è di quasi il 1000% rispetto al 1998, quando oscillava sui 10-15$ di allora, 25$ attualizzati. E la causa non è solo speculativa ma congiunturale.

Insomma, più o meno probabilmente siamo nel cosiddetto "plateaux" del picco, la zona piatta, una sorta di altipiano a cui siamo giunti dopo una prima metà in cui la crescita di produzione (e conseguentemente di merci e servizi) era veloce e relativamente facile, pur con qualche incertezza, visibile nella curva, come il rallentamento e lieve calo di produzione durante la grande depressione del 1929 e durante la crisi energetica degli anni 1970. E' da notare che in questi due periodi di recessione pure le emissioni totali di anidride carbonica subirono un certo rallentamento e calo (**Figura 3**), ma le concentrazioni continuarono ad aumentare, segno che anche rallentando la combustione di combustibili fossili le conseguenze sul clima non terminano immediatamente sia per i processi di accumulo di carbonio fossile che per l'inerzia termica del nostro pianeta. Inoltre la deforestazione è ancora oggi un importante e dimenticato 17% delle emissioni globali e col declino petrolifero rischia di aumentare per varie ragioni, inclusa da folle e disperata corsa ai cosidetti "biocarburanti". Quindi, di combustibili fossili ne restano comunque più che a sufficienza per causare ulteriori danni al clima, ma forse non più abbastanza per i ritmi dei nostri consumi.

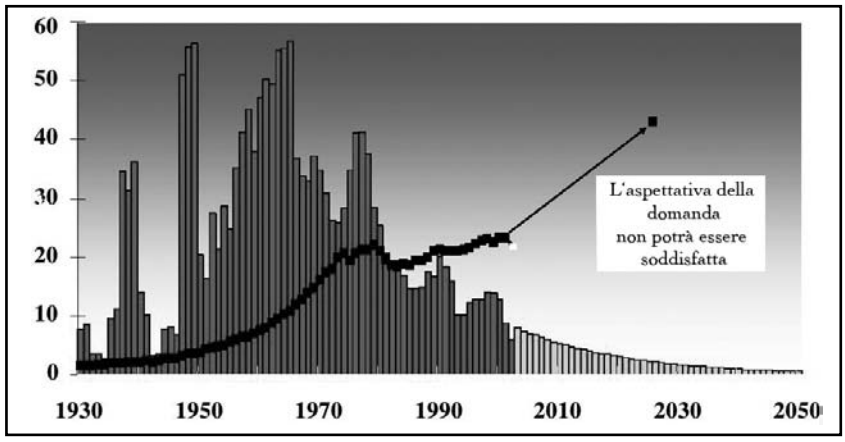


Figura 1 Scoperte e produzione petrolifera nel mondo: produzione pregressa in miliardi di barili/anno e stime future di produzione secondo ASPO (www.peakoil.net - www.aspoitalia.net/)

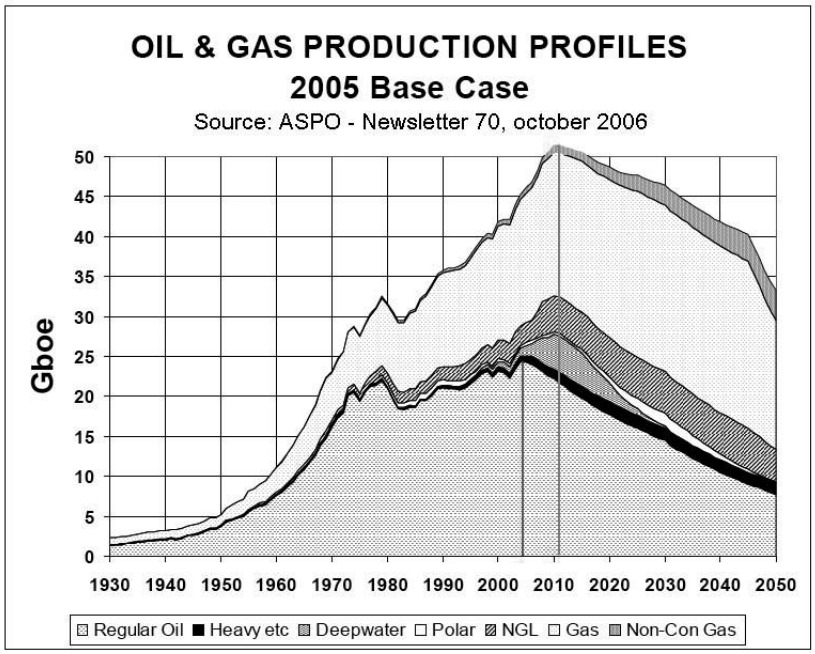


Figura 2 Produzione di petrolio in miliardi di barili all'anno e stima della produzione futura secondo le stime di ASPO Internazionale. Il picco del petrolio convenzionale si sta probabilmente verificando in questi anni, i petroli di acque profonde, quelli pesanti e le sabbie bituminose vedranno il loro picco entro pochi anni, così come il gas naturale. Le stime IEA International Energy Agency sono invece molto più ottimistiche. Chi avrà ragione? Non val la pena aspettare…nel dubbio…meglio agire!

Quali sono le future conseguenze del picco?

Una volta oltrepassato il "plateaux", in cui ancora non ci accorgiamo della reale scarsità della risorsa petrolio e in cui però il sistema ci lancia segnali quali tensioni, prime guerre per il petrolio, aumenti dei prezzi petroliferi e degli alimentari, scioperi e tensioni sociali quali lo sciopero degli autotrasportatori del dicembre 2007, ecc, inizierà la discesa e sarà via via più brusca e inesorabile e se non azioniamo i "freni" o imbocchiamo "uscite di emergenza" la transizione sarà agitata, secondo alcuni scenari fino a portarci alla vera e propria fine della società industriale "moderna" e imboccando un futuro del tutto incerto.

L'aumento del prezzo è infatti solo la prima, la più vistosa e tutto sommato affrontabile, ma senza interventi ci troveremo a convivere con un clima mutato, più caldo, più domanda di energia soprattutto in estate mentre nel contempo il declino della risorsa petrolio potrebbe innescare un declino economico inesorabile, il ridimensionamento del trasporto di massa, la fine dei voli low cost, problemi per oltre 500.000 prodotti di consumo (plastica, detergenti, vernici…), prezzi in crescita per cibo e servizi, razionamenti, crisi alimentare, per arrivare a scenari che vedono disoccupazione e guerre per l'energia.

Infatti NESSUNA energia alternativa o rinnovabile può sostituire *completamente* il petrolio. E nemmeno il gas, infatti al recente convegno di ASPO Italia (ASPO 2 - Torino, 3 maggio 2008) è emerso come il picco di produzione del gas naturale sia ormai prossimo, e probabilmente si verificherà attorno al 2013 (http://aspoitalia.blogspot.com/2008/05/aspoitalia-2-euan-mearns-sulla.html).

È importante però questa parola *completamente*: molte sono le "vie di uscita" che possono aiutarci a fare diventare l'era post picco un'opportunità di un mondo migliore, più equo, in cui l'uomo vive in armonia con i propri simili, con l'ambiente e coi tempi della natura. Le fonti rinnovabili legate direttamente o indirettamente al sole, ovvero solare fotovoltaico e solare termico ma anche eolico e biomasse (da non confondere coi biocarburanti, che almeno per quelli di prima generazione sono un vero crimine contro l'umanità come sostiene l'ONU per la competizione col cibo).

l'importanza del risparmio energetico.

Di fronte al quadro prospettato è chiaro che, sia il picco ora o fosse anche nel 2020, il tempo stringe e bisognare agire subito. Clima ed energia, 2 piccioni con una fava è un titolo di molte mie conferenze e di un precedente articolo (vedi Eubios n.20). Le fonti rinnovabili da sole faticherebbero a tenere il passo dei consumi odierni, il nucleare non è l'alternativa ed ecco quindi che una volta di più è necessario puntare sul mix risparmio energetico e fonti rinnovabili "vere". Risparmio energetico che può e deve iniziare dai luoghi dove più viviamo: casa nostra,

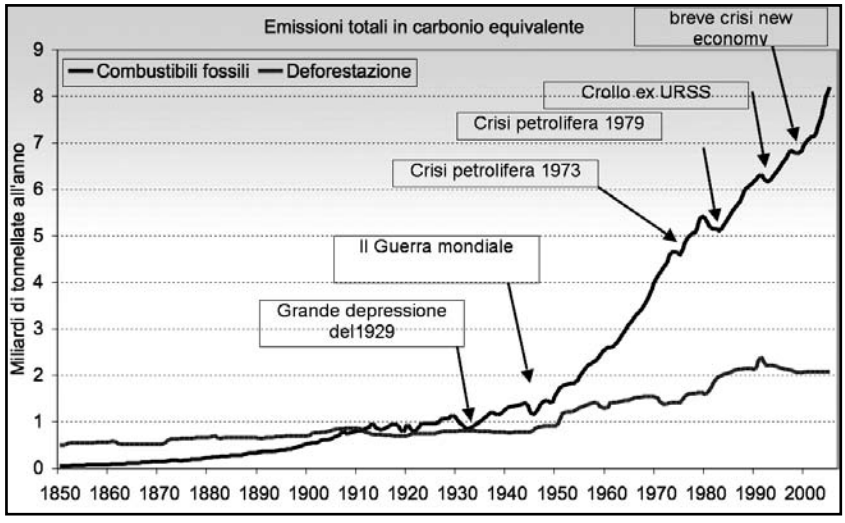


Figura 3 Emissioni totali di gas serra espresse in carbonio equivalente: le emissioni totali assommano a cifre enormi, essendo la scala in miliardi di tonnellate di carbonio equivalente. La curva blu rappresenta le emissioni provenienti dall'uso di combustibili fossili, quella verde da deforestazione.

A lato: traffico aereo frenetico all'Aeroporto Internazionale di Los Angeles. La crisi Alitalia è stata accelerata dal fortissimo aumento dei prezzi del Kerosene avio che, essendo privo di accise per i voli internazionali, ha risentito dell'intero aumento petrolifero. IATA evidenzia che negli ultimi 12 mesi (maggio 2007-2008) l'aumento è stato del 69%. Una conseguenza del picco inevitabile sarà il ridimensionamento dell'aviazione civile e commerciale. (foto Luca Lombroso)

i nostri uffici, le nostre fabbriche e le nostre scuole. Occorrerà in particolare sfruttare attentamente e oculatamente il petrolio che resta per quanto può aiutarci in futuro: fonti rinnovabili e molti materiali edilizi richiedono infatti, almeno nella fase iniziale, di combustibili fossili o di petrolio per produrre i materiali.

In futuro quindi occorrerà chiedersi: che fare? Continuare ad usare il petrolio per alimentare un potente SUV o peggio ancora per un assetato aereo militare (un F16 consuma anche 16000 litri/ora di kerosene!), oppure usarlo per montare turbine eoliche (che in fase di montaggio richiedono ovviamente trasporti ed energia esterna) o ancora per materiali isolanti, coibentazioni, e per ristrutturare il patrimonio edilizio esistente?

Personalmente non ho dubbi sulla risposta: meglio al caldo e con elettricità da fonti rinnovabili domani, che una passerella con auto di lusso oggi!

Bibliografia e sitografia consigliata

- neoEubios n.20, *Clima e risparmio energetico, due piccioni con una fava* di Luca Lombroso, pag. 24;
- neoEubios n.22, *Cambiamenti climatici: è il momento di agire*, di Luca Lombroso, pag. 55;
- neoEubios n.23, *Situazione clima 2020, l'Europa vara il piano 20-20-20*, pag. 12;
- *La fine del petrolio. Combustibili fossili e prospettive energetiche per il ventunesimo secolo*, Ugo Bardi, Editori Riuniti 2002;
- *Storia Petrolifera del Bel Paese*, Ugo Bardi e Giovanni Pancani, Edizioni Le Balze, 2006;
- *Beyond Oil: The View from Hubbert's Peak*, Kenneth S. Deffeyes, disponibile su AMAZON; http://tinyurl.com/5b6nde;
- *Energia oggi e domani. Prospettive, sfide, speranze.* Nicola Armaroli e Vincenzo Balzani, Bup - Bononia University Press , 2004;
- *La festa è finita. La scomparsa del petrolio, le nuove guerre, il futuro dell'energia.* Richard Heinberg, Fazi Editore, 2004;
- http://petrolio.blogosfere.it;
- ASPO Italia - sito: www.aspoitalia.net - blog: http://aspoitalia.blogspot.com/;
- Blog "Petrolio" di Debora Billi http://petrolio.blogosfere.it/;
- Blog "Ecoalfabeta" http://ecoalfabeta.blogosfere.it/;

EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI IMPIANTI

Dati input per il calcolo secondo la Procedura della Regione Lombardia

di

*Paolo Lazzerini, Matteo Serraino**

Il presente articolo ha lo scopo di definire quali siano i dati di input necessari per determinare il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico e conseguentemente l'energia primaria per la climatizzazione invernale, valore essenziale sia per la verifica dei requisiti minimi di legge sia per la classificazione energetica dell'edificio.

In questo articolo, suddiviso in paragrafi corrispondenti ai diversi sub-sistemi dell'impianto termico, si desidera fornire alcune indicazioni a certificatori e progettisti su come ricavare i dati di ingresso, non sempre così espliciti, da inserire all'interno del programma di calcolo sviluppato dal CENED nella sua versione scaricabile dal sito www.cened.it aggiornata al 14 dicembre 2007[1].

Per ognuno dei dati analizzati si riporta il riferimento al numero dei prospetti, delle formule e dei paragrafi presenti all'interno del Decreto 15833 del 13 dicembre 2007 che illustra il procedimento di calcolo. Tale procedura è derivata dalla raccomandazione del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) dal titolo: "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico – sanitari. Parte 2: Energia primaria e rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari". Codice di Progetto E02069982 del 9 febbraio 2007.

Per ogni dato di input viene riportata una tabella, suddivisa in tre sezioni:

1. "Dati di input": illustra la modalità di reperimento del dato;
2. "Riferimento": spiega dove viene menzionata, all'interno del Decreto 15833, la grandezza analizzata;
3. "Dipendenza": parla delle grandezze che discendono, per elaborazione successiva, dal dato in esame, qualora non siano scontate.

2 Sistema di erogazione del calore

2.1 η_{eeH}: Rendimento di erogazione del calore

- Dati di input:
1. Verifica visiva del tipo di terminale
2. Misura dell'altezza interna degli ambienti
- Riferimento: Formule 51, 52 e Prospetti XXI, XXII.

2.2 W_{eH}: Fabbisogno elettrico dei terminali di erogazione del calore

- Dati di input: Determinazione della potenza elettrica complessiva degli ausiliari mediante:
1. Lettura da scheda tecnica del produttore del terminale
2. Lettura da targhetta apposta sul terminale stesso
3. Misurazione della potenza elettrica tramite pinza amperometrica
- Riferimento: Formule 53, 54 e Prospetti XXIX.

La lettura da scheda tecnica è sicuramente il procedimento più usuale nel caso degli impianti di nuova realizzazione. Nel caso invece di certificazione di un edificio esistente, un terminale caratterizzato da assorbimento elettrico, come ad esempio un ventilconvettore, deve essere dotato di una targhetta che riporti la potenza elettrica assorbita, ai sensi delle norme CEI. Sia la targhetta apposta sul terminale, sia il catalogo del produttore riportano la massima potenza elettrica assorbita dal motore, che potrebbe discostarsi da quella assorbita in condi-

[1] Tali dati sono quelli necessari anche in programmi di calcolo diversi da quello sviluppato dal CENED, ma che utilizzano comunque gli algoritmi presenti all'interno della procedura di calcolo prevista dalla Regione Lombardia.

zioni medie stagionali (soprattutto nei sistemi a velocità variabile). Tuttavia, poiché i valori di potenza elettrica sono piccoli rispetto a quelli termici, si può anche accettare tale approssimazione, che sicuramente non determina uno cambiamento nella classe della prestazione energetica dell'edificio. Dai cataloghi dei produttori si può vedere come il rapporto tra potenza elettrica massima assorbita dal motore e potenza termica massima resa dal terminale sia pari a circa 1/130 per terminali con temperatura di mandata pari a 70 °C e pari a circa 1/80 per 50 °C (**Figura 1**).

3 Sistema di regolazione

- Dati di input:
1. Sistema di regolazione:
a) Manuale
b) Climatico
c) Di singolo ambiente
d) Di zona
2. Tipologia di regolazione:
a) on/off
b) Modulante
3. Tipologia di terminali di emissione del calore
- Riferimento: Formule 51 e Prospetti XXIII.

Per quanto riguarda la "tipologia di regolazione", si precisa che:

1. per "**on/off**" si intende una regolazione che agisce in modo drastico ("tutto" o "niente") su di una valvola o su un motore: la valvola può essere chiusa o completamente aperta, il motore può essere in moto o fermo, senza posizionamenti intermedi; il tipico organo di regolazione che produce un simile comportamento è il "termostato" che, essendo un interruttore automatico, può essere solo chiuso (e allora azionare un meccanismo) o aperto (e allora arrestare il meccanismo stesso);
2. per "**modulante**" si intende una regolazione che agisce in modo continuo su di una valvola o su un motore: la valvola può essere aperta a diverse percentuali e il motore può essere in moto a diverse velocità di rotazione; per ottenere un simile comportamento è indispensabile disporre di un "regolatore" automatico accoppiato ad una o più "sonde" (lettori/trasmettitori di temperatura.) o, in alternativa, di un dispositivo che accorpa le funzioni di sonda e regolatore (come una valvola termostatica a servizio di radiatori).

La regolazione "on/off" agisce tra due soglie di commutazione, separate da un intervallo detto "differenziale".
Un termostato potrebbe, ad esempio, aprire una valvola al di sotto di 19°C e chiuderla al di sopra di 21°C: in questo caso il differenziale è pari a 2°C e la regolazione produce un comportamento oscillante intorno al valore medio 20°C.

La regolazione "modulante" reagisce con maggiore o minore sensibilità (prontezza di intervento) agli scostamenti della grandezza fisica regolata rispetto al valore desiderato a seconda dell'ampiezza di un parametro, detto "banda proporzionale": più stretta è la banda, maggiore è la sensibilità del sistema.

Un sistema molto sensibile è più veloce e accurato di uno meno sensibile, ma può dare luogo a instabilità di comportamento del processo regolato. Non è possibile stabilire l'ampiezza della banda in assenza di una scheda tecnica del regolatore.

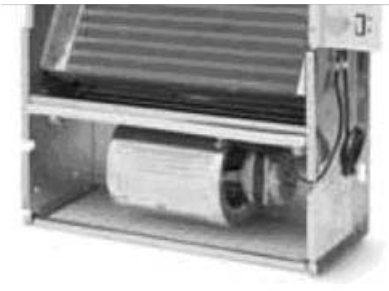


Figura 1 Ventilconvettore dotato di ventilatore nella parte inferiore. (Fonte: documentazione tecnica Baltur)

Figura 2 Termostato ambiente. (Fonte: documentazione tecnica Caleffi)

Figura 3 Valvola termostatica con sensore incorporato con elemento sensibile a liquido (Fonte: documentazione tecnica Caleffi)

4 Sistema di distribuzione

4.1 η_{dH}: Rendimento di distribuzione

- Dati di input:

1. Tipologia di impianto (centralizzato o autonomo)
2. Nel caso di impianto centralizzato:

a) tipologia di distribuzione (verticale od orizzontale)

b) numero di piani dell'edificio

3. Nel caso di installazione di impianto centralizzato con distribuzione verticale: periodo di installazione dei montanti
4. Anno di installazione del sistema di distribuzione nel locale caldaia.

- Riferimento: Formule 51 e Prospetti XXV.

In merito alla "tipologia di impianto" è opportuno precisare che:

1. per "**centralizzato**" si intende un impianto organizzato con un unico punto di produzione del calore (caldaia condominiale, scambiatore del teleriscaldamento, ecc.), a partire dal quale vengono alimentate tutte le diverse zone termiche;
2. per "**autonomo**" si intende un impianto organizzato con un punto di produzione del calore al servizio di ciascuna zona termica: caso emblematico è quello delle caldaiette autonome, installate in ciascun alloggio.

Con riferimento alla "tipologia di distribuzione" è opportuno sottolineare che:

1. per distribuzione "**orizzontale**" (**Figura 4**, a sinistra) si intende la presenza di una rete di tubazioni al servizio esclusivo di una zona termica; più zone termiche possono venire alimentate da diverse reti di questo tipo, tra loro in parallelo, ognuna delle quali si diparte da un punto di consegna;
2. per distribuzione "verticale" (**Figura 4** a destra) si intende la presenza di una serie di colonne, messe tra loro in parallelo su di un circuito comune, ognuna delle quali alimenta corpi scaldanti appartenenti a zone termiche distinte (diversi piani dell'edificio).

In un edificio a più piani, la distribuzione "orizzontale" prevede che ogni alloggio sia servito da una propria rete indipendente; il fatto che esistano dei collegamenti verticali, in senso spaziale, per alimentare le diverse reti a partire da un'unica centrale termica, non inficia di per sé la definizione di "orizzontale", legata all'indipendenza fisica e funzionale dei diversi sottosistemi.

La distribuzione "orizzontale" consente il sezionamento idraulico dell'intero circuito di una zona termica e, cosa molto importante, la contabilizzazione rigorosa dell'energia termica consumata dalla zona stessa. Nel caso della distribuzione "verticale", invece, esistono pesanti e croniche commistioni idrauliche tra le zone termiche, per cui non è possibile sezionare l'impianto di una zona senza compromettere le altre e, soprattutto, non è possibile una contabilizzazione rigorosa dell'energia (**Figura 4**).

Attraverso il periodo di installazione si cerca di determinare indirettamente il livello di isolamento delle tubazioni.

Le date riportate fanno riferimento:

1. Alla prima legge italiana sull'efficienza energetica degli edifici (la legge 373/76), anche se in realtà è ancora una legge quadro, i cui principi vengono

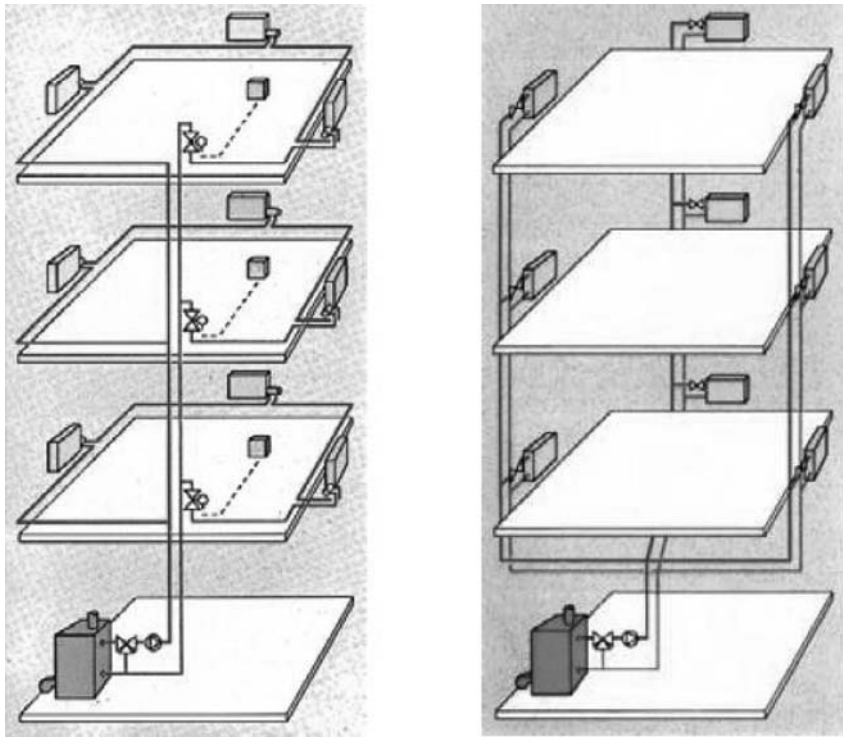


Figura 4 Distribuzione orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra)

tradotti a lato pratico dal suo decreto attuativo (il DPR 1052/77) che per primo prevedeva l'isolamento delle tubazioni;
2. Al DPR 412/93, decreto attuativo della Legge 10/91, che riporta nuove prescrizioni in termini di isolamento della rete di distribuzione.
La data di installazione non può essere determinata se non dalla memoria del proprietario.
La procedura proposta dal CENED non tratta:
1. Le reti di distribuzione nel caso in cui il generatore di calore sia esterno all'edificio;
2. Le reti aerauliche, quantunque tra i terminali siano presenti anche le bocchette ad aria calda, in quanto la raccomandazione CTI prevede che in questo caso non possa essere utilizzato un metodo tabellare, ma si debba ricorrere ad una procedura di tipo analitico riportata all'interno della norma UNI 10347.

4.2 W_{EH} Fabbisogno elettrico delle pompe a servizio della rete di distribuzione

- Dati di input: Potenza elettrica complessiva delle pompe
- Riferimento: Formula 58, 59.

L'apparecchiatura elettrica deve essere dotata di una targhetta che riporti la potenza elettrica assorbita. Come descritto per il ventilconvettore, questa potenza elettrica è quella massima assorbita. Anche in questo caso le potenze elettriche sono piccole[2] rispetto a quelle termiche erogate.

5 Sistema di accumulo

5.1 f'_S: Perdite del sistema di accumulo

- Dati di input: Volume del serbatoio di accumulo
- Riferimento: Formula 61 e Prospetto XXVII.

Nel caso di questo sub-sistema di impianto vengono determinate direttamente le perdite termiche in funzione della classe di volume del serbatoio e non attraverso la definizione di un rendimento.
Quando non sono soggetti ad omologazione, i serbatoi possono non avere la targhetta. In questo caso l'unico modo di stima del volume è la misura in opera delle dimensioni del serbatoio, ovviamente al netto del rivestimento isolante.
Nel caso di più serbatoi la potenza termica dispersa si ricava in funzione del volume complessivo degli accumuli (e non come somma delle potenza termiche disperse calcolate singolarmente per ogni serbatoio).

5.2 W_{HS} : Fabbisogno elettrico della resistenza di back-up o post-riscaldamento a servizio del sistema di accumulo

- Dati di input: Potenza elettrica della resistenza di back-up o post-riscaldamento
- Riferimento: Formula 63.

Questi dati sono certamente contenuti nella documentazione tecnica normalmente a corredo dell'apparecchiatura.
Se tale documentazione non è disponibile, si può stimare per eccesso la potenza elettrica in base ai dati di taratura dei sistemi di protezione elettrica installati, o procedere ad una misura di assorbimento.

6 Rendimento di produzione

Gli algoritmi presenti all'interno della procedura di calcolo proposta dal CENED non possono essere applicati a rigore ai generatori multistadio e modulanti, nonostante quanto specificato al paragrafo E.6.2.4.1. A testimonianza di questo si rimanda alla lettura della raccomandazione del CTI, da cui la procedura di certificazione lombarda deriva, che prevede un altro metodo di calcolo per questi ultimi tipi di sistema.
Di seguito vengono elencati i diversi dati di input per i generatori on/off di tipo tradizionale e per le caldaie a condensazione.
Anche per queste ultime, per come è definito il metodo di calcolo, si deve fare riferimento a sistemi on/off, cosa che però si discosta abbastanza dalla realtà degli attuali prodotti commerciali.

6.1 Generatori di calore on/off

6.1.1 $P'_{ch,on}$: Perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso [%]

- Dati di input:
1. Valore da rilevare in campo attraverso una prova fumi:
a) nel caso degli edifici di nuova

[2] Una regola di prima approssimazione suggerisce che le pompe di circolazione abbiano una potenza elettrica non superiore ad 1/400 della potenza termica del generatore di calore.

costruzione, eseguita in sede di collaudo.
b) nel caso degli edifici esistenti, qualora l'ultima rilevazione della perdita ai fumi a bruciatore acceso, riportata sul libretto di centrale (o di impianto), sia antecedente di 24 mesi alla richiesta di certificazione energetica.
2. Solo nel caso di mancanza di allacciamento alla rete del gas, il valore deve essere desunto dal prospetto XXXIV in funzione della tipologia del generatore[3]:
a) atmosferico
b) ad aria soffiata
- Riferimento: Formule 81, 82, 83 e Prospetti XXVIII, XXXIV.
- Dipendenza: Perdite al camino a bruciatore acceso in condizioni di funzionamento reale ($P_{ch,on}$).

Contrariamente a quanto prevedeva la raccomandazione CTI, si esclude, nell'ambito della certificazione energetica, anche per gli edifici di nuova costruzione, la possibilità di far riferimento ai dati riportati sulla scheda tecnica del fabbricante, forse con la volontà di costringere il certificatore a basarsi su indicazioni quanto più possibile vicine al funzionamento reale dell'impianto, in modo che la certificazione possa riferirsi all'edificio così come costruito (as-built).
Poiché il metodo di calcolo, descritto all'interno dell'allegato E, si applica anche in sede progettuale, per la redazione della relazione tecnica, è palese che in questo caso non si possa far altro che riportare i dati forniti dal fabbricante.

Il DPR 412/93 così come modificato dal DPR 551/99:
1. all'allegato F definisce un modello per il "libretto di centrale" (potenza nominale al focolare superiore o uguale a 35 kW) che deve riportare, conformemente al punto 9 "*risultati della prima verifica e delle verifiche periodiche effettuate a cura del responsabile dell'esercizio e della manutenzione*", la perdita per calore sensibile Q_S espressa in percentuale (che corrisponde a $P'_{ch,on}$).
2. all'allegato G definisce un modello per il "libretto di impianto" (potenza nominale al focolare inferiore a 35 kW) che deve riportare:
a) conformemente al punto 4 "*componenti dell'impianto termico*", se il generatore è a camera aperta (o atmosferico) o a camera stagna (a tiraggio forzato).
b) conformemente al punto 7 "*risultati della prima verifica e delle verifiche periodiche effettuate a cura del responsabile dell'esercizio e della manutenzione*" la perdita per calore sensibile Q_S.
Ai sensi del D.Lgs 311/06, il rapporto di controllo tecnico, previsto a seguito di operazioni di controllo e manutenzione (inclusa la prova fumi) e redatto dal tecnico incaricato delle stesse operazioni, deve riportare:
1. nel caso di impianti di potenza nominale al focolare inferiore a 35 kW (modello conforme all'allegato G del decreto) se il generatore è a tiraggio naturale o forzato (barrando apposita casella).
2. nel caso di impianti di potenza nominale al focolare superiore a 35 kW (modello conforme all'allegato F del decreto), la tipologia del generatore e del bruciatore (cioè se atmosferico o ad aria soffiata, sebbene quest'ultimo tipo sia sicuramente più frequente nel caso di generatori di grande potenza)
Il rapporto di controllo tecnico era già previsto dall'allegato H del DPR 412/93 così come modificato dal DPR 551/99 e doveva già allora contenere l'indicazione sul tiraggio. Se non è disponibile tale documento non è neppure noto il valore della perdita ai fumi (a meno che non riportata solamente sul libretto di centrale o di impianto) che è quindi necessario eseguire.

6.1.2 $J_{gn,av}$: Temperatura media dell'acqua nel generatore (media aritmetica tra mandata e ritorno) in condizioni di funzionamento reali [°C]

- Riferimento: Formule 81, 82, 83
- Dipendenza: Valore reale di tutte le perdite del generatore ($P_{ch,on}$; $P_{ch,off}$; $P_{gn,env}$)

Né dalla raccomandazione CTI, né dalla procedura di certificazione della Regione Lombardia si trova specificato se queste condizioni di funzionamento reali siano:
1. quelle che si hanno durante la prova fumi;
2. quelle medie stagionali o mensili di funzionamento.
Nel primo caso sarebbe necessario eseguire due misure di tem-

[3] Le quattro tipologie di generatore, presenti all'interno del prospetto XXXIV, possono essere ricondotte semplicemente a due, distinguendo solo sulla base di tiraggio: naturale o forzato.

peratura (sulla mandata e sul ritorno) in concomitanza con la prova fumi. Tale misura, poiché non richiesta dalla legge, non viene solitamente eseguita, ma potrebbe diventare una prassi qualora fosse necessaria per la certificazione energetica.
Nel secondo caso la procedura per la determinazione della temperatura media dell'acqua in caldaia (che poiché il programma di calcolo richiede un solo valore è forzatamente la media stagionale) passa attraverso il metodo descritto dalla raccomandazione CTI 03/3 all'appendice A in funzione di parametri come la temperatura di mandata del generatore, la tipologia del sistema di regolazione e le caratteristiche dei terminali.

6.1.3 Φ_{cn}: Potenza termica al focolare del generatore [kW]

- Dati di input:
1. Lettura da scheda tecnica del generatore
2. Lettura da targhetta apposta sul generatore
3. Lettura da rapporto di controllo tecnico.
4. Lettura da libretto di centrale o di impianto
- Riferimento: Formule 74, 75, 78, 80 e Prospetto XXIX.
- Dipendenza:
1. Perdite termiche del generatore (al camino e al mantello) in condizioni medie di funzionamento
2. Perdite termiche del generatore al mantello in condizioni nominali (in assenza di dati forniti dal fabbricante del generatore)
3. Fattore di carico

La lettura da scheda tecnica del generatore è la prassi tipica adottata in sede di progetto per la compilazione della relazione tecnica. Non esiste scheda tecnica che non riporti tale valore. Le altre modalità di reperimento del valore della potenza sono invece proprie degli impianti esistenti.
Ai sensi del DM 1 Dicembre 1975, "*Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione*", così come riportato all'articolo 17 (ribadito dall'edizione 2005 della "Raccolta R" dell'ISPESL), i generatori di calore con potenza nominale al focolare superiore a 30.000 kcal/h (ovvero 35 kW), devono essere muniti di targa di costruzione applicata in modo inamovibile su una parte essenziale e visibile del generatore recante la potenza utile e al focolare espressa in kcal/h.
Per generatori di potenza inferiore potrebbe non essere disponibile tale indicazione; in tal caso il certificatore reperirà il dato in base alle specifiche tecniche del costruttore per l'apparecchiatura in esame, dando per scontato che sia sempre possibile desumere, da un'ispezione visiva, almeno marca e modello dell'apparecchiatura stessa, riportati in qualche modo sul rivestimento esterno.
Ai sensi degli allegati F e G del D.Lgs 311/06 il rapporto di controllo tecnico (obbligatorio ad esempio se la prova fumi è stata eseguita dopo l'entrata in vigore del suddetto decreto) compilato dall'operatore incaricato e consegnato in copia al responsabile dell'impianto (proprietario, conduttore, amministratore di condominio o terzo responsabile) deve contenere il valore della potenza nominale al focolare.
Ai sensi dell'articolo 11 comma 9 del DPR 412/93 gli impianti devono essere muniti di un libretto di impianto (nel caso di potenza termica nominale al focolare inferiore di 35 kW) o di un libretto di centrale (nel caso di potenza termica nominale al focolare superiore di 35 kW) che riportano il valore della potenza termica nominale al focolare. Il DPR 551/99 integra l'articolo del precedente decreto specificando, al comma 11, che il libretto, sia esso di centrale o di impianto, deve essere conservato presso l'edificio in cui è collocato l'impianto termico.

6.1.4 $\vartheta_{a,gn}$: Temperatura media mensile dell'ambiente ove è installato il generatore [°C]

- Dati di input:
Si assuma:
1. 20 °C nel caso di installazione all'interno del volume riscaldato
2. la temperatura media mensile dell'aria esterna nel caso di installazione all'esterno
3. un valore ricavato sulla base del prospetto XXXIII nel caso di installazione della centrale termica:
a) sotto il piano campagna
b) adiacente ad ambiente a temperatura controllata
c) isolata o adiacente ad ambiente non riscaldato
- Riferimento: Formule 82, 83, 85 e Prospetto XXXIII
- Dipendenza: Consente di correggere le perdite al camino a bruciatore spento e al mantello, passando dai valori nominali

($P'_{ch,off}$ e $P'_{gn,env}$) ai valori medi rappresentativi delle condizioni di funzionamento reale ($P_{ch,off}$ e $P_{gn,env}$).

Le perdite al mantello sono funzione non solo della temperatura dell'acqua in caldaia, ma anche dell'ambiente di installazione, proprio perché legate alla trasmissione del calore attraverso l'involucro della caldaia che è funzione del salto di temperatura. La temperatura dell'ambiente di installazione influisce anche sulle perdite al camino a bruciatore spento, in quanto è proprio l'aria di tale ambiente che, se non arrestata, penetra all'interno del generatore per effetto del tiraggio naturale, anche quando non avviene la combustione, e raffredda l'acqua dell'impianto tanto di più, quanto più basso è il suo valore di temperatura.

Nel caso di installazione all'esterno o in centrale termica il software CENED esegue in automatico il calcolo della temperatura dell'ambiente in funzione dei dati climatici inseriti nella schermata iniziale.

Il termine "isolata" attribuito alla centrale termica deve essere interpretato come "isolata da altri edifici", non fa riferimento all'isolamento termico del suddetto locale, e serve per stabilirne indirettamente, ed in maniera semplificata, il valore di temperatura.

6.1.5 *$P'_{ch,off}$*: Perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore spento [%]

- Dati di input:

Si ricavi tale valore:

1. dalla scheda tecnica del fabbricante del generatore, o in assenza di questa
2. dal prospetto XXX in funzione del tipo di generatore:

a) con bruciatore ad aria soffiata con chiusura dell'aria comburente all'arresto.

b) con bruciatore ad aria soffiata a premiscelazione totale

c) con scarico a parete

d) con bruciatore ad aria soffiata senza chiusura dell'aria comburente all'arresto (con altezza del camino maggiore o minore di 10 m)

e) con bruciatore atmosferico a gas (con altezza del camino maggiore o minore di 10 m)

- Riferimento: Formula 82, Prospetto XXX.
- Dipendenza: Perdite al camino a bruciatore acceso in condizioni di funzionamento reale ($P_{ch,off}$).

Nel caso di un impianto esistente, sprovvisto di scheda tecnica del bruciatore, solo un tecnico specializzato (in gergo definito "bruciatorista") sarebbe in grado, mediante una verifica visiva, di stabilire se esista la chiusura dell'aria comburente all'arresto del bruciatore o la presenza di premiscelazione. Talvolta neppure una verifica visiva sarebbe sufficiente, ma si dovrebbe smontare il bruciatore.

6.1.6 Coefficienti m, n, p da utilizzare nel calcolo delle perdite percentuali del generatore [-]

- Dati di input:

Si ricavino attraverso il prospetto XXXII in funzione:

1. della circolazione dell'acqua in caldaia:
2. circolazione permanente di acqua in caldaia.
3. interruzione della circolazione in caldaia a temperatura ambiente raggiunta. La pompa primaria si ferma alcuni minuti dopo il bruciatore ed entrambi vengono fermati dal termostato ambiente.
2. della capacità termica del generatore:

a) a parete

b) di acciaio

c) in ghisa

- Riferimento: Formule 81, 82, 83 e Prospetto XXXII.
- Dipendenza: Permetteno di ottenere il valore medio di tutte le perdite del generatore ($P_{ch,on}$; $P_{ch,off}$; $P_{gn,env}$) correggendo così i valori nominali ($P'_{ch,on}$; $P'_{ch,off}$; $P'_{gn,env}$)

La circolazione dell'acqua in caldaia è "permanente" nei casi seguenti:

1. esiste una pompa primaria, che interessa il generatore di calore, funzionante in continuo
2. non esiste una pompa primaria, ma tutte le pompe del circuito funzionano in continuo e non vi sono spillamenti dal generatore con valvole di regolazione a 3 vie.

Solo mediante una verifica in campo, in concomitanza con accensione/spegnimento del bruciatore, si possono stabilire le modalità di circolazione dell'acqua in caldaia.

Il materiale del generatore si può desumere solo dalle schede tecniche del prodotto.

6.1.7 $P'_{gn,env}$: Perdita termica percentuale nominale al mantello del generatore [%]

- Dati di input:

Si ricavi tale valore:

1. dalla scheda tecnica del fab-

bricante del generatore, o in assenza di questa.
2. dal prospetto XXIX in funzione:
a) dell'età del generatore (fino a 5 anni, da 6 a 11 anni, superiore ai 12 anni)
b) della potenza termica nominale al focolare (Φ_{cn})
- Riferimento: Formula 83 e Prospetto XXIX
- Dipendenza: Perdite al mantello in condizioni di funzionamento reale ($P_{gn,env}$)

L'età del generatore serve per una stima indiretta del livello di isolamento termico del generatore.
L'anno di costruzione del generatore deve essere riportato:
1. nel rapporto di controllo tecnico, in maniera conforme agli allegati F e G del D.Lgs 311/06;
2. nel libretto di impianto in maniera conforme all'allegato G del DPR 412/93 e DPR 551/99.
Nel libretto di centrale, conformemente all'allegato F del DPR 412/93 e DPR 551/99 è riportato non propriamente l'anno di costruzione del generatore, ma l'anno di installazione, che potrebbe essere assunto come dato di input in assenza di indicazioni più precise. Interventi di manutenzione in centrale termica devono comparire all'interno del libretto di centrale.
Un generatore di dimensioni più grandi è anche più compatto e quindi in termini percentuali le perdite al mantello si riducono. Per tener conto di questo è necessario inserire anche la potenza termica al focolare per avere un'indicazione, di tipo indiretto, sulla grandezza del generatore.

6.1.8 $k_{gn,env}$: Fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore in accordo con l'ubicazione dello stesso [-]

- Dati di input: Valori riportati all'interno del prospetto XXXI in funzione del tipo e dell' ubicazione del generatore:
1. generatore installato entro lo spazio riscaldato
2. generatore di tipo B installato entro lo spazio riscaldato
3. generatore installato in centrale termica
4. generatore installato all'esterno
- Riferimento: Formula 83 e Prospetto XXXI
- Dipendenza: Perdite al mantello in condizioni di funzionamento reale ($P_{gn,env}$)

Le perdite al mantello venivano già calcolate in funzione della temperatura dell'ambiente di installazione ($\vartheta_{a,gn}$) che ne definiva l'entità. La funzione del fattore $k_{gn,env}$ è invece quella di tener conto delle perdite recuperate come riduzione delle perdite totali.
Dai valori del prospetto XXXI si desume come un generatore installato all'interno dell'ambiente riscaldato, oltre ad avere delle perdite al mantello ridotte (poiché il valore di $\vartheta_{a,gn}$ è comunque elevato), ne permette un recupero tra l'80 ed il 90 %, che scende solo al 30 % nel caso di installazione in centrale termica (ove si assume che le perdite consentono un pre-riscaldamento dell'aria comburente con un miglioramento della combustione e una riduzione delle perdite al camino a bruciatore spento) e che diventa nullo per un'installazione all'esterno (dove, inoltre, a causa delle basse temperature dell'aria le perdite all'involucro sono massime).

6.1.9: Potenza elettrica nominale del/dei bruciatore/i [kW]

- Dati di input: Il valore della potenza elettrica del bruciatore (presente ovviamente solo nel caso ad aria soffiata) può essere desunto:
1. dalla scheda tecnica del bruciatore (caso tipico degli impianti in progetto)
2. dalla targhetta applicata al bruciatore (caso tipico degli impianti esistenti)
- Riferimento: Formula 68
- Dipendenza: Energia elettrica assorbita dal sistema di generazione.
I bruciatori a tiraggio naturale sono anche definiti "atmosferici", in quanto utilizzano l'aria dell'atmosfera circostante senza l'ausilio di un ventilatore, sfruttando la "prevalenza motrice" del camino per vincere le perdite di carico.
Questi bruciatori sono accoppiati con il generatore di calore in modo da formare un gruppo termico il quale ha di solito una camera di combustione di forma parallelepipeda in cui la superficie inferiore è occupata dal bruciatore.
I bruciatori ad aria soffiata hanno un ventilatore che soffia aria comburente per poter vincere le resistenze al moto del generatore di calore e, visivamente sporge rispetto alla sagoma della caldaia.
La presenza del ventilatore implica l'allaccio alla rete elettrica per la sua alimentazione.

Pompe e bruciatori hanno un motore che, essendo un'apparecchiatura elettrica, a seguito delle norme CEI, devono essere dotati di targhetta che riporti la potenza elettrica assorbita.

6.1.10: Potenza elettrica nominale della/e pompa/e del sistema di generazione [**kW**]

- Dati di input: Il valore della potenza elettrica delle pompe a servizio del generatore può essere desunto:

1. dalla scheda tecnica delle pompe (caso tipico degli impianti in progetto).
2. dalla targhetta applicata alle pompe (caso tipico degli impianti esistenti).

- Riferimento: Formula 69
- Dipendenza: Energia elettrica assorbita dal sistema di generazione. Nel caso di impianto autonomo la pompa presente all'interno del generatore si occupa anche della circolazione del fluido all'interno della rete.

È indifferente, da un punto di vista energetico, attribuire al sistema di generazione o a quello di distribuzione tale potenza elettrica. È anche possibile avere una situazione di presenza di pompe a servizio del generatore e non a servizio della rete di distribuzione, come nel caso di uno schema con circuito primario e spillamenti.

6.2 Generatori di calore a condensazione

La determinazione dell'incremento di rendimento di un generatore a condensazione, rispetto ad uno convenzionale, viene eseguito attraverso la stima della riduzione delle perdite al camino a bruciatore acceso di un termine definito "fattore di recupero di condensazione" (R) espresso come percentuale della potenza nominale al focolare.

Questo termine può essere calcolato qualora siano noti:

1. il rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione $\eta^{(C)}_{tu}$;
2. la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test ($\vartheta^{(C)}_{gn,test}$), per cui è stato ricavato $\eta^{(C)}_{tu}$.

In caso contrario (tipico degli impianti esistenti) si stima convenzionalmente attraverso la formula 91, di poter recuperare il 75 % del calore latente di condensazione, per cui è necessario inserire come dati di input solo il tipo di combustibile, cui corrispondono dei precisi valori di potere calorifico superiore (PCS) e di potere calorifico inferiore (PCI), dati dal Prospetto XXXV.

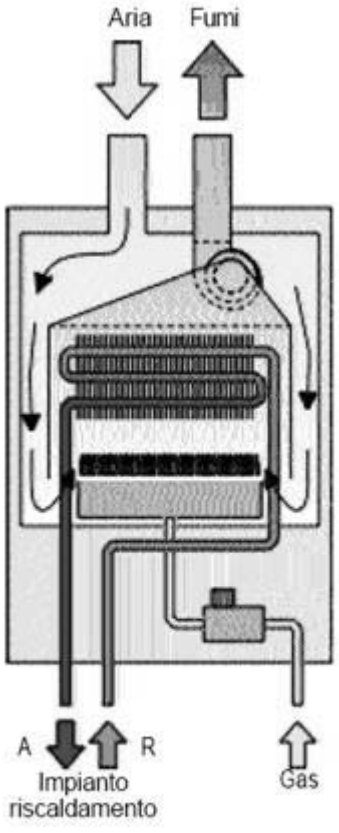


Figura 5 Generatore di calore con bruciatore atmosferico.
(Fonte: Pubblicazione di ANIMA)

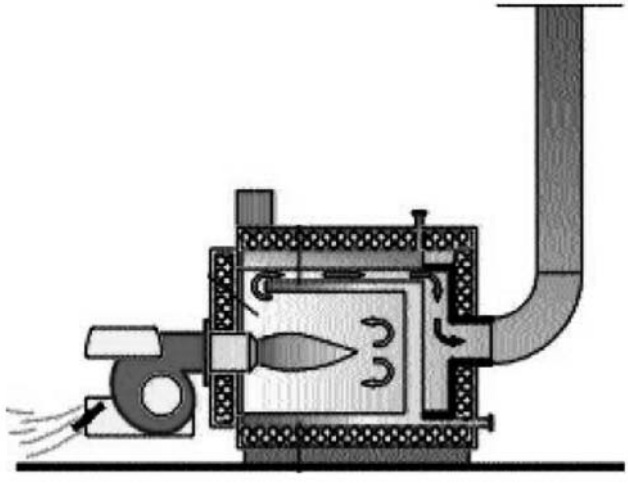


Figura 6 Generatore di calore con bruciatore ad aria soffiata.
(Fonte: Pubblicazione di ANIMA).

6.2.1 $\eta^{(C)}_{tu}$: rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione (C) con potenza al focolare ϕ_{cn} [%]

- Dati di input:

1. Scheda tecnica del produttore della caldaia
2. Rilevazione in campo di perdita ai fumi secchi, temperatura dei fumi ed eccesso d'aria

- Riferimento: Formula 87
- Dipendenza: Determinazione del fattore di recupero di condensazione.

La procedura di certificazione non specifica se tale dato debba essere rilevato in campo oppure debba derivare da una lettura dalla scheda tecnica del produttore.
Opinione di chi scrive è che questo sia comunque un rendimento istantaneo misurato (in campo o dal produttore) in condizioni di pieno carico.
La determinazione in campo di tale valore è sicuramente complessa in quanto non è sufficiente definire la perdita ai fumi[4] ma anche la loro temperatura e l'eccesso d'aria. Con questi tre dati, attraverso dei diagrammi come quello riportato in **Figura 7**, è possibile determinare il rendimento in condizioni di funzionamento in condensazione.

6.2.2 $\vartheta^{(C)}_{gn,test}$: temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, per cui è stato ricavato $h^{(C)}_{tu}$ [°C]

- Dati di input: Temperature di mandata e ritorno dall'impianto nelle condizioni di test , per cui è stato ricavato $\eta^{(C)}_{tu}$
- Riferimento: Formula 87
- Dipendenza: Determinazione del fattore di recupero di condensazione.

6.3 Pompe di calore

Qualunque sia la sorgente termica della pompa di calore (acqua o aria) le formulazioni presenti all'interno della procedura suggeriscono di inserire dei valori nominali che però non tengono conto del funzionamento a carichi parziali, diverso dalla situazione a massimo carico (ma non necessariamente peggiore), in funzione soprattutto del tipo di compressore utilizzato. Più correttamente si sarebbero dovuti applicare gli algoritmi contenuti nella norma UNI 10963-2001 oppure nella norma UNI 11135-2004 che forniscono la metodologia per determinare le prestazioni energetiche delle macchine a potenza ridotta e conseguentemente le prestazioni medie stagionali. Per nessun tipo di pompa di calore si apporta una correzione sulla base della temperatura dei terminali di impianto, che potrebbe essere diversa da quella per cui il fabbricante ha eseguito le prove.

6.3.1 Pompe di calore terra-acqua e acqua-acqua

- Dati di input: Coefficiente di effetto utile (COP) dichiarato dal costruttore.
- Riferimento: Formule 92 e 93.

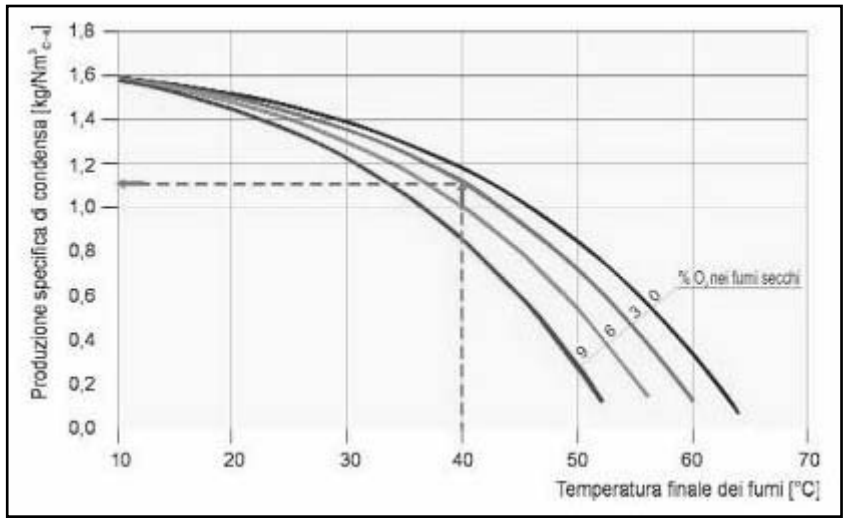


Figura 7 Determinazione della produzione specifica di condensa e quindi dell'incremento di rendimento del generatore rispetto al valore misurato durante la prova fumi.

[4] Perché a causa delle caratteristiche degli strumenti di prova non può essere presa in considerazione la quantità di condensa prodotta

6.3.2 Pompe di calore aria-acqua

- Dati di input:
1. Coefficiente di effetto utile (COP) dichiarato dal costruttore
2. Temperatura esterna nominale
- Riferimento: Formula 94.

La temperatura esterna nominale è il valore per cui il fabbricante ha eseguito la prova riscontrando il COP nominale, ricavabile solo dalla scheda tecnica relativa.

6.4 Generatori a combustione di biomassa e teleriscaldamento

- Dati di input: Tipologia di sistema di produzione del calore.
- Riferimento: Prospetto XXXVI.

In funzione della tipologia del sistema di generazione viene attribuito univocamente un valore di rendimento.
L'attribuzione di un valore unico di rendimento è sicuramente approssimato se si considera che anche le caldaie a biomassa legnosa sono caratterizzate, come tutte le altre, da variazioni di rendimento con il carico e con le temperature dell'acqua di impianto. Il valore univoco può essere giustificato col fatto che solitamente questi generatori si usano in grandi impianti per fornire uno "zoccolo" del carico termico, mentre i picchi sono soddisfatti dal altri sistemi. Conseguentemente le temperature dell'acqua sono sempre abbastanza elevate e il funzionamento è sempre a pieno carico. Tuttavia se così fosse si pone il problema di stima del rendimento di un impianto servito da diversi sistemi di produzione, per cui non esiste oggi un metodo di calcolo.
L'attribuzione di 0.75 nel caso di riscaldamento a legna e cippato (asserviti ad un vero e proprio impianto termico, altrimenti non sarebbe possibile redigere la certificazione) pone il problema di come sia possibile il rispetto del valore limite del rendimento globale medio stagionale previsto nelle nuove costruzioni o nei nuovi impianti, visto che è definito come:

$$\eta_{g,\,lim} = 75 + 3 \log (Pn)$$

Assumere rendimento unitario nel caso di impianto di teleriscaldamento significa aver preso in considerazione unicamente lo scambiatore di calore presente all'interno dell'edificio (trascurandone le perdite all'involucro) senza aver esaminato il rendimento della centrale di produzione del calore.

CONCLUSIONI

La volontà di ottenere il medesimo valore dell'indicatore energetico, sia in sede di certificazione che di redazione della relazione tecnica per uno stesso edificio, ha comportato necessariamente l'utilizzo del medesimo metodo di calcolo in entrambi i casi.
Una delle conseguenze, nel caso di certificazione degli edifici esistenti è il grande numero di dati di input da prendere in considerazione, alcuni dei quali di difficile stima in campo, in assenza di schede tecniche del produttore, con inevitabile maggiore onerosità per il certificatore (in termini di tempo) e per il committente (in termini di costo).
Accanto ad un miglioramento del metodo di calcolo, limitatamente agli aspetti ancora poco chiari, è anche auspicabile una differenziazione della procedura, con una gradazione dell'impegno in funzione di parametri come l'ambito di intervento (dalla nuova costruzione fino alla locazione), le dimensioni dell'edificio e la complessità degli impianti tecnologici in esso installati.

BIBLIOGRAFIA

Legislazione nazionale

- Decreto Ministeriale 1 Dicembre 1975, "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione".

- Legge 30 aprile 1976, n. 373 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici".

- Decreto del Presidente della Repubblica 28 giugno 1977, n. 1052 "Regolamento di esecuzione alla legge 30 aprile 1976, n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici".

- Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n.10".

- Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 551 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia".

- Decreto del Presidente della Repubblica 15 novembre 1996, n. 660 "Regolamento per l'attuazione della direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda, alimentate con combustibili liquidi o gassosi".

- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

Legislazione regionale

- Delibera di Giunta Regionale (DGR) 20 luglio 2007, n. VIII/5018 "Determinazioni inerenti la certificazione energetica degli edifici, in attuazione del d.lgs. 192/2005 e degli art. 9 e 25 della l.r. 24/2006".

- Decreto della Regione Lombardia 13 dicembre 2007, n. 15833 "Aggiornamento della procedura di calcolo per predisporre l'attestato di certificazione energetica degli edifici, previsto con DGR 5018/2007 e successive modifiche ed integrazioni".

Normativa

- Norma UNI 10347-1993 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo".

- Norma UNI 10348-1993 "Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo".

- Norma UNI 10389-1994 "Generatori di calore. Misurazione in opera del rendimento di combustione".

- Norma UNI 10963-2001 Condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e pompe di calore - Determinazione delle prestazioni a potenza ridotta.

- Norma UNI 11135-2004 Condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e pompe di calore - Calcolo dell'efficienza stagionale.

- Raccomandazione 03/3 del Comitato Termotecnica Italiano (CTI) Energia e Ambiente. "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda ad usi igienico-sanitari".

- Raccomandazione del Comitato Termotecnica Italiano (CTI) Energia e Ambiente. Codice di Progetto E02069982 del 9 febbraio 2007. "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico – sanitari. Parte 2: Energia primaria e rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari".

** Gli autori*

Paolo Lazzerini, ingegnere, libero Professionista.
Studio Renato Lazzerini Impianti Termici Industriali

Matteo Serraino, ingegnere, dottorando.
Dipartimento di Energetica. Politecnico di Torino

HUNDERTWASSER

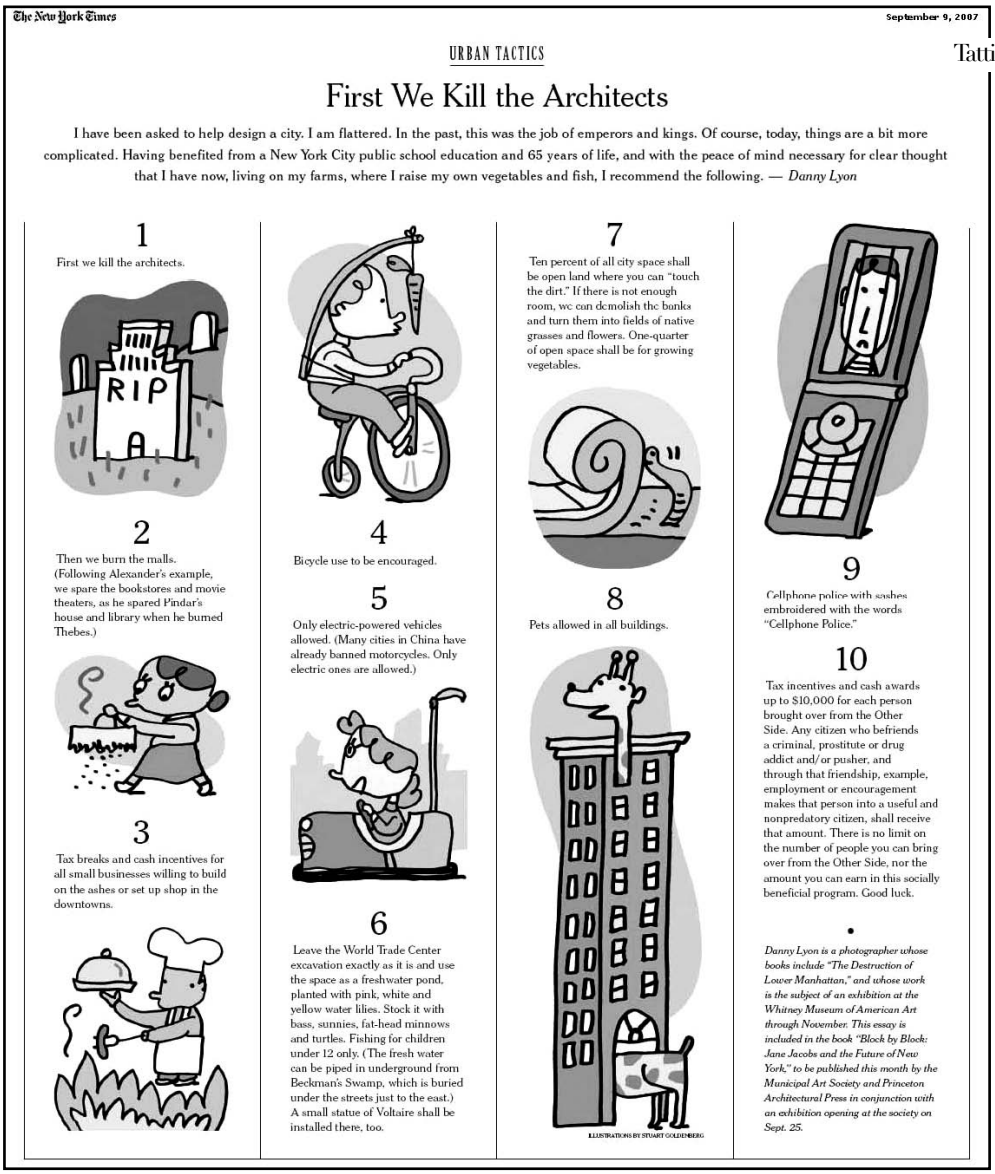
Presso lo spazio espositivo della Fondazione Reinhold Wurth, a Capena, è in corso fino ad ottobre, la mostra dedicata alla pittura di Friedensreich Hundertwasser - grande artista, architetto, pittore - in occasione dell'80° anniversario della sua nascita. L'ingresso è gratuito.
Per maggiori info: www.artforumwuerth.it fino al 28 ottobre 2008 - viale della Buona Fortuna 2, Capena (Roma).

PRIMA UCCIDIAMO GLI ARCHITETTI

The New York Times

Tattiche urbane per salvare la città.

Prima mossa: uccidiamo gli architetti.



The New York Times — September 9, 2007

URBAN TACTICS

First We Kill the Architects

I have been asked to help design a city. I am flattered. In the past, this was the job of emperors and kings. Of course, today, things are a bit more complicated. Having benefited from a New York City public school education and 65 years of life, and with the peace of mind necessary for clear thought that I have now, living on my farms, where I raise my own vegetables and fish, I recommend the following. — *Danny Lyon*

1
First we kill the architects.

2
Then we burn the malls. (Following Alexander's example, we spare the bookstores and movie theaters, as he spared Pindar's house and library when he burned Thebes.)

3
Tax breaks and cash incentives for all small businesses willing to build on the ashes or set up shop in the downtowns.

4
Bicycle use to be encouraged.

5
Only electric-powered vehicles allowed. (Many cities in China have already banned motorcycles. Only electric ones are allowed.)

6
Leave the World Trade Center excavation exactly as it is and use the space as a freshwater pond, planted with pink, white and yellow water lilies. Stock it with bass, sunnies, fat-head minnows and turtles. Fishing for children under 12 only. (The fresh water can be piped in underground from Beckman's Swamp, which is buried under the streets just to the east.) A small statue of Voltaire shall be installed there, too.

7
Ten percent of all city space shall be open land where you can "touch the dirt." If there is not enough room, we can demolish the banks and turn them into fields of native grasses and flowers. One-quarter of open space shall be for growing vegetables.

8
Pets allowed in all buildings.

9
Cellphone police with sashes embroidered with the words "Cellphone Police."

10
Tax incentives and cash awards up to $10,000 for each person brought over from the Other Side. Any citizen who befriends a criminal, prostitute or drug addict and/or pusher, and through that friendship, example, employment or encouragement makes that person into a useful and nonpredatory citizen, shall receive that amount. There is no limit on the number of people you can bring over from the Other Side, nor the amount you can earn in this socially beneficial program. Good luck.

•

Danny Lyon is a photographer whose books include "The Destruction of Lower Manhattan," and whose work is the subject of an exhibition at the Whitney Museum of American Art through November. This essay is included in the book "Block by Block: Jane Jacobs and the Future of New York," to be published this month by the Municipal Art Society and Princeton Architectural Press in conjunction with an exhibition opening at the society on Sept. 25.

ILLUSTRATIONS BY STUART GOLDENBERG

ERRATA CORRIGE

Si comunica che nel numero 23 di neoEubios, a pag.29, è stata erroneamente omessa la frase: "[...] *che sono state rispettate tutte le norme e raccolte e conservate tutte le documentazioni richieste*".
Ci scusiamo per l'inconveniente con i lettori e i diretti interessati.

Recensione di Manuela Campanale
Università di Padova

In questi ultimi anni la questione del risparmio energetico e l' entrata in vigore di nuove normative hanno introdotto parametri sempre più restrittivi per quanto riguarda le dispersioni termiche degli edifici. L'isolamento termico è diventato quindi un'esigenza irrinunciabile per progettisti e costruttori che si sono finalmente posti il problema di cosa significhi isolare correttamente un edificio, tenendo conto anche del contenimento dei costi.

Considero quindi questo testo un validissimo aiuto per tutti gli esperti del settore e per chi affronta il problema dell'isolamento termico per la prima volta. Inizialmente vengono fornite le nozioni di base con un linguaggio comprensibile e chiaro, per consentire anche ai meno esperti di prendere dimestichezza con concetti a prima vista complessi, come "conduttività termica apparente", "conduttività termica dichiarata", ecc. Gli esempi di calcolo riportati sono indispensabili per chiarire ulteriormente quanto descritto. Successivamente viene riassunta la normativa vigente, elencando anche le norme attualmente in vigore, con riferimento non solo alla conduttività termica, ma anche alle prove di reazione al fuoco.

Il volume si conclude con un'utile panoramica sui materiali isolanti attualmente sul mercato, sulle loro caratteristiche tecniche e sul loro utilizzo prevalente, in modo da agevolare la scelta del prodotto più idoneo.

I progettisti potranno sicuramente trarre grande utilità da questo interessante volume.

I materiali isolanti

a cura di S. Mammi,
A. Panzeri
ed. TEP 2005, Milano
4a ristampa
140 pp, 20 euro

Da dove nasce il fascino irresistibile di alcune città? Da dove si sprigiona il disagio alienante di molte altre? Quali fattori ne determinano le sorti? Lo spartito delle infinite variazioni sul tema urbano è orchestrato da episodi irripetibili e da processi di lungo periodo, da scelte individuali e da pressioni collettive. I mutamenti demografici e le innovazioni tecnologiche degli ultimi tre secoli, le utopie sociali dell'Ottocento, il potere delle odierne multinazionali e l'evoluzione professionale del design sono solo alcune delle forze storiche che hanno modellato le città in cui viviamo, nei dettagli della loro forma materiale e nell'insieme del loro segno metaforico. Su questa base, sostenuto da una costante tensione critica, Rykwert apre al lettore il fantasmagorico ventaglio dei paesaggi urbani del globo: Città del Messico e Shanghai, Londra e Parigi, Berlino e Barcellona, Brasilia e Nuova Delhi, ma anche le onnipresenti baraccopoli, le periferie, le cinture verdi e i quartieri di lusso, i parchi tematici e le città giardino, da Disneyland all'area milanese della Bicocca; fino, naturalmente, a New York, all'ombra della tragedia dell'11 settembre. **Da non perdere.**

La seduzione del luogo

di Joseph Rykwert
Piccola Biblioteca
Einaudi, 2008,
366 pp, 26 euro

Sistemi solari termici

di Luca Rubini, Mario Di Veroli e Alfonso Calabria.
Dario Flaccovio Editore 2008, Palermo.
124 pp (+CD-ROM), 80 euro

Il testo affronta con chiarezza un tema di grande attualità, quale è quello dei sistemi solari termici.
Nella prima parte viene spiegato il fenomeno fisico della radiazione solare e vengono dati e riferimenti per reperire dati statistici su di essa. Inoltre viene fatta una doverosa carrellata sulle tipologie e i principi di funzionamento dei collettori solari e degli impianti solari termici a bassa temperatura.
La seconda parte invece, contiene il manuale del software SOLENSOL (*solar energy solution*) allegato al testo. Tale software consente di dimensionare gli impianti solari termici attraverso un' interfaccia semplice e intuitiva che consente di accedere anche a banche dati relative ai dati climatici e ai collettori solari termici maggiormente diffusi.
Nella parte relativa all'analisi economica è possibile ottenere in pochi passaggi il conteggio del risparmio annuo e il tempo di ritorno semplice e attualizzato, oltre al valore attualizzato netto dell'investimento (VAN).
Nel complesso un buon testo che fornisce sufficienti informazioni teoriche e pratiche per il dimensionamento degli impianti solari termici.

I signori del clima

di Tim Flannery
TEA Editore 2008, Milano.
398 pp, 10 euro

Che cosa s'intende per "cambiamenti climatici"?
In che modo il riscaldamento globale influenzerà la vita sul pianeta? È questa la causa di uragani sempre più frequenti alternati a periodi di siccità? Il processo che si è messo in moto è inevitabile?
Sono domande urgenti e complesse a cui Tim Flannery, scienziato ed esploratore australiano, risponde con grande chiarezza, inserendole nel contesto di una storia del clima che ha inizio milioni di anni fa e che negli ultimi decenni ha subito brusche alterazioni, inimmaginabili se considerate su periodi di così breve durata.
Di fatto, la sempre più massiccia emissione di gas nell'atmosfera sta accelerando il surriscaldamento della Terra con conseguenze catastrofiche per la vita del pianeta. Nessun paese può sottrarsi a questa minaccia, perché l'innalzamento della temperatura è un fenomeno globale, di cui noi esseri umani siamo i principali responsabili. Siamo noi, infatti, i *signori del clima* e siamo noi con le nostre scelte e con i nostri comportamenti ad avere in mano il futuro del pianeta. **Best-seller internazionale.**

ANIT, in collaborazione con la società di servizi TEP srl, organizza corsi di aggiornamento per professionisti su temi specifici riguardanti il risparmio energetico e l'acustica in edilizia.
I corsi si svolgono su una o più giornate di lavoro a secondo della tipologia. Le date sono pubblicate con cadenza trimestrale sul sito web www.anit.it.

CORSI ANIT 2008

Acustica in edilizia
Come progettare i requisiti acustici passivi degli edifici - Durata: 24 ore.

DLgs 311 e Calcolo del Fabbisogno energetico *EPi*
Il corso ha l'obiettivo di sviluppare gli strumenti progettuali e di verifica per il rispetto del DLGS 311 - Durata: 24 ore.

ARIA, Architetture a Ridotto Impatto Ambientale
Progettazione di edifici a basso consumo energetico, bioclimatici e a ridotto impatto ambientale. Durata: 36 ore.

La progettazione del benessere estivo

Materiali termoisolanti
Il corso tratta le caratteristiche dei materiali isolanti e il loro utilizzo per l'isolamento di pareti, coperture, solai e impianti. Durata: 8 ore.

L'isolamento termico delle pareti
Le caratteristiche dei materiali isolanti e il loro utilizzo per l'isolamento di pareti. Durata: 8 ore.

L'isolamento termico delle coperture
Le caratteristiche dei materiali isolanti e il loro utilizzo per l'isolamento delle coperture. (8 ore)

La ventilazione, naturale e meccanica controllata
Il ruolo della VMC per il risparmio energetico. Durata: 8 ore.

Isolare gli impianti
Acusticamente e termicamente per il benessere indoor degli ambienti. Durata: 8 ore.

Programmi dettagliati su **www.anit.it.**

ISCRIZIONI

Prenotarsi on-line dalla sezione CORSI del sito **www.anit.it**, selezionando il tipo di corso scelto. Raggiunto il numero minimo di partecipanti, i prenotati vengono contattati dalla segreteria dell'Associazione per confermare la partecipazione ed effettuare il pagamento della quota. La revoca alla partecipazione ad avvenuto pagamento, può avvenire entro 7 giorni lavorativi dall'inizio del corso. Al termine del corso viene rilasciato un attestato di partecipazione e frequenza per gli usi consentiti dalla Legge.

Per informazioni: **corsi@anit.it.**

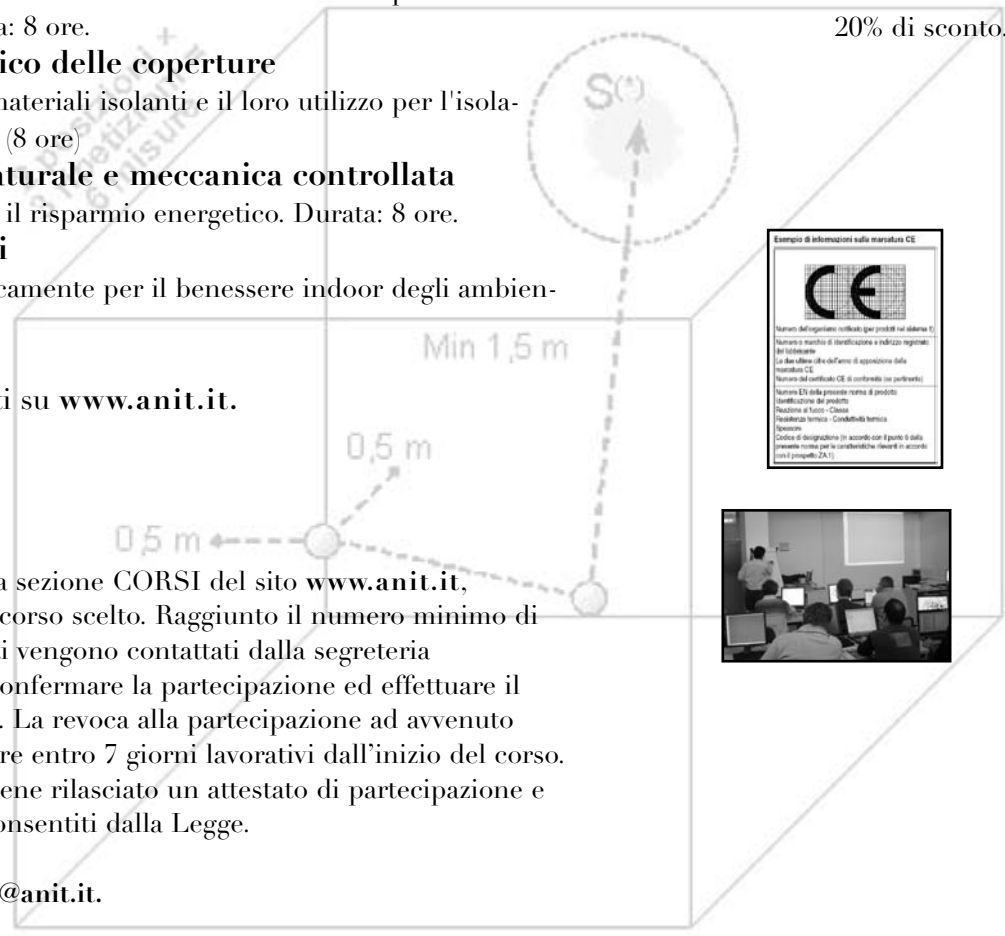
A CHI SONO RIVOLTI
Progettisti, committenti e tecnici del settore edilizio.

DOVE
La sede dei corsi varia di volta in volta. Su richiesta si organizzano corsi presso gli Ordini Professionali o Enti Pubblici.

QUANDO
Le date dei corsi sono pubblicate con cadenza trimestrale sul sito **www.anit.it**, sezione CORSI.

DOCENTI
Il corpo docente è costituito da professionisti altamente specializzati nel settore e professori universitari.

QUOTA
La quota di partecipazione ai corsi prevede la didattica, le dispense in formato digitale e i software di calcolo utilizzati.
I Soci ANIT usufruiscono del 20% di sconto.



LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

La certificazione energetica degli edifici è uno strumento indicato dalla Direttiva europea 2002/91, già presente nella Legge 10/91 e prescritto dal DLgs 192 che ha l'obiettivo di sensibilizzare tutti gli attori del processo edilizio in riferimento alle problematiche energetico-ambientali e introdurre il parametro di "efficienza energetica" come valore del mercato edilizio. La certificazione energetica è il processo con cui il certificatore energetico stabilisce il livello di efficienza energetica di un edificio grazie all'analisi del progetto e delle fasi di realizzazione delle opere.
Il complesso di operazioni legate al lavoro del certificatore si sviluppa lungo un percorso che comprende la fase di progettazione, la realizzazione delle opere in cantiere e la dichiarazione di fine lavori.

ANIT

via Civitali 77 - Milano
tel. +39(0)2 40070208
fax. +39(0)2 40070201

info@anit.it
www.anit.it

I CORSI PER LA CERTIFICAZIONE ORGANIZZATI DA ANIT

ANIT organizza corsi di 80 ore (8 giornate di lezione e 2 giornate di esercitazione) sviluppando tutti i temi legati al processo di certificazione energetica degli edifici (teoria + pratica).
I corsi organizzati in Regione Lombardia sono accreditati da CESTEC - *PuntiEnergia* (secondo le disposizioni del DGR VIII/5018 e s.m. in materia di efficienza energetica degli edifici) e abilitano all'esame per iscriversi all'albo dei Soggetti certificatori lombardi.
I corsi organizzati **al di fuori** della Regione Lombardia sono accreditati da SACERT e seguono le modalità stabilite dalla certificazione volontaria secondo la procedura BestClass.

I corsi organizzati da ANIT si caratterizzano per:
- Alto profilo tecnico/scientifico dei relatori.
- Lezione sul riconoscimento dei materiali isolanti.
- Lezione sulle metodologie e sull'uso degli strumenti per l'acquisizione dati degli edifici esistenti (termoflussimetro, termocamera, termoigrometro, ecc.).
- Uso del software PAN per il calcolo delle caratteristiche igro-termiche delle strutture e il calcolo di sfasamento e attenuazione.
- Inserimento in un sistema di aggiornamento continuo con assistenza tecnica post-corso.

Materiale ANIT distribuito al corso:
- Software PAN
- Volume "I materiali isolanti"
- Volume "Il DLgs 311, guida alla nuova Legge 10"
- Ultimo numero della rivista *neo-Eubios*
- Sintesi del DLgs 311

Per gli associati ANIT lo sconto sul costo del corso è del 10%.

PROSSIMI CORSI

Corsi DLgs 311 e Calcolo Fabbisogno energetico EPi
MILANO
23 - 24 - 25 giugno 2008

Corso per Certificatori energetici
MATERA luglio 2008

Progettazione acustica in edilizia
MILANO giugno 2008

Prossime date disponibili sul sito **www.anit.it**, sezione Corsi.

Strumenti ANIT, di supporto alla professione (software di calcolo e pubblicazioni).

SOFTWARE DI CALCOLO

ACUSTICA

ECHO 4.1

Software per il calcolo dei requisiti acustici passivi secondo il DPCM 5.12.97 (Indice di valutazione);

100 euro + IVA
gratuito per i Soci ANIT 2008

ECHO 5.0

Software per il calcolo dei requisiti acustici passivi (per frequenza) secondo il DPCM 5.12.97;

125 euro + IVA

TERMICA

PAN 3.0

Prestazioni invernali delle strutture opache e dei parametri estivi sfasamento e attenuazione;

100 euro + IVA
gratuito per i Soci ANIT 2008

TEMPAIR

Calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti secondo la UNI 10375;

400 euro + IVA
sconto 20% per i Soci ANIT 2008

SOLVER 1.0

Verifica delle prestazioni energetiche delle verande in accordo con EN ISO 13790 e 13789;

50 euro + IVA

SOLVER 311

Verifica delle prestazioni energetiche degli edifici (calcolo *Energy Performance* secondo il Dlgs 311);

400 euro + IVA
sconto 20% per i Soci 2008

PUBBLICAZIONI

- Collana sull'Isolamento Termico e acustico

Vol. 1, I materiali isolanti
Vol. 2, Il Dlgs 311, la nuova Legge 10
Vol. 3, Acustica in edilizia - in prep.
Vol. 4, Protezione dal fuoco - in prep.

20 euro cad - gratuiti per i Soci 2008

COME ACQUISTARE I PRODOTTI

- **c/c postale** n.38879201 intestato a TEP srl - via Civitali 77 - 20148 Milano;

- **c/c bancario** n. 000013435104 intestato a *TEP srl*
presso Banca Intesa Spa, ag.15 - via Battisti 11, 20122 Milano - cod. IBAN IT48 L030 6909 4830 0001 3435 104;

- **on - line** con pagamento su carta di credito dal sito www.anittep.eu

Ad avvenuto pagamento inviare copia ricevuta via fax (02 40070201) specificando i dati per la fatturazione e il tipo di prodotto acquistato. I software vengono spediti via e-mail.

QUOTA ASSOCIATIVA ANIT 2008: 120 euro+IVA